

УДК 343:35

КП

№ держреєстрації 0121U112685

Інв. №

Міністерство освіти і науки України
Сумський державний університет (Сум ДУ)
40007, м. Суми, вул. Римського-Корсакова, 2;
тел. (0542) 33 53 83; факс 33 40 58

ЗАТВЕРДЖУЮ
Проректор з наукової роботи,
д-р. фіз-мат. наук, професор

_____ А.М. Черноус

НАУКОВО-ТЕХНІЧНИЙ ЗВІТ
про виконання завдань Перспективного плану розвитку наукового напрямку
«Суспільні науки» Сумського державного університету

(проміжний)

**ВСТАНОВЛЕННЯ ЗАКОНОМІРНОСТЕЙ СОЦІАЛЬНО-ЕКОНОМІЧНИХ
ТРАНСФОРМАЦІЙ В УМОВАХ ЦИФРОВІЗАЦІЇ СУСПІЛЬНИХ ВІДНОСИН**

Відповідальний виконавець завдання
д-рка екон. наук, доцентка

І. В. Тютюник

2024

Рукопис закінчено 3 січня 2024 р.

Результати цієї роботи розглянуто науковою радою СумДУ, протокол від 28.12.2023 № 11

СПИСОК АВТОРІВ

Керівник НДР провідний науковий співробітник, д-рка екон. наук, професорка	<hr/> (03.01.2024)	Т. А. Васильєва (вступ, підрозділ 1.1, 1.2, висновки)
Відповідальний виконавець, провідний науковий співробітник, д-рка. екон. наук, доцентка	<hr/> (03.01.2024)	І. В. Тютюнник (вступ, підрозділ 1.1, 1.2, висновки)
Провідний науковий співробітник, д-р. екон. наук, професор	<hr/> (03.01.2024)	Н. В. Винниченко (вступ, підрозділ 1.1, 1.2, висновки)
Провідний науковий співробітник, д-р. екон. наук, ст. викладачка	<hr/> (03.01.2024)	А. О. Бойко (вступ, підрозділ 1.1, 1.2, висновки)
Старший науковий співробітник, канд. екон. наук, доцентка	<hr/> (03.01.2024)	О. В. Люта (розділ 2.3, 4.2, висновки)
Старший науковий співробітник, канд. екон. наук	<hr/> (03.01.2024)	А. В. Самойлікова (розділ 2.3, висновки)
Старший науковий співробітник, канд. екон. наук, доцентка	<hr/> (03.01.2024)	О. А. Криклій (розділ 4.1, висновки)
Старший науковий співробітник, д-рка екон. наук, доцентка	<hr/> (03.01.2024)	В. В. Койбічук (розділ 2.5, висновки)
Старший науковий співробітник, канд. екон. наук, доцент	<hr/> (03.01.2024)	А. Є. Артюхов (розділ 4.3, висновки)
Старший науковий співробітник, канд. екон. наук	<hr/> (03.01.2024)	І. В. Позовна (розділ 2.3, 4.2, висновки)
Старший науковий співробітник, канд. юр. наук	<hr/> (03.01.2024)	В. В. Миргород (розділ 1.3, висновки)

Старший науковий співробітник, канд. екон. наук	<hr/> (03.01.2024)	А. В. Височина (розділ 3.1, висновки)
Старший науковий співробітник, канд. екон. наук	<hr/> (03.01.2024)	Я. В. Самусевич (розділ 2.2, висновки)
Старший науковий співробітник, канд. юр. наук	<hr/> (03.01.2024)	М.О. Думчиков (розділ 1.3, висновки)
Старший науковий співробітник, канд. юр. наук, доцентка	<hr/> (03.01.2024)	М.С. Уткіна (розділ 1.3, висновки)
Старший науковий співробітник, канд. юр. наук, доцентка	<hr/> (03.01.2024)	К. Д. Янішевська (розділ 1.3, висновки)
Старший науковий співробітник, канд. екон. наук, доцентка	<hr/> (03.01.2024)	О. М. Пахненко (розділ 3.3, висновки)
Старший науковий співробітник, д-р. екон. наук, професор	<hr/> (03.01.2024)	О. В. Люльов (розділ 2.4, висновки)
Старший науковий співробітник, д-р. екон. наук, професорка	<hr/> (03.01.2024)	Т. В. Пімоненко (розділ 2.4, висновки)
Провідний науковий співробітник, д-р. екон. наук, доцентка	<hr/> (03.01.2024)	Г. М. Яровенко (розділ 3.2)
Виконавець по договору підряду, аспірантка	<hr/> (03.01.2024)	А. Ю. Єфіменко (розділ 2.1)
Виконавець по договору підряду, аспірант	<hr/> (03.01.2024)	Д. Є. Топтуненко (розділ 1.1)
Виконавець по договору підряду, студентка	<hr/> (03.01.2024)	К. Ю. Петренко (розділ 2.1)
Виконавець по договору підряду, студентка	<hr/> (03.01.2024)	К. О. Могильна (розділ 2.5)

РЕФЕРАТ

Звіт про НДР: 257 с., 74 табл., 68 рис., 191 джерело.

ЗАЙНЯТИСТЬ НАСЕЛЕННЯ, ПУБЛІЧНЕ УПРАВЛІННЯ, СОЦІАЛЬНО-ЕКОНОМІЧНІ ВІДНОСИНИ, ЦИФРОВА ОСВІТА, ЦИФРОВИЙ ЗАХИСТ НАСЕЛЕННЯ, ЦИФРОВІЗАЦІЯ ЕКОНОМІКИ

Об'єкт роботи – система економічних відносин, що виникають в процесі соціально-економічних трансформацій в умовах цифровізації суспільних відносин.

Метою даної роботи є встановлення закономірностей соціально-економічних трансформацій в умовах цифровізації суспільних відносин.

Методи дослідження: метод панельного регресійного моделювання, тести Шапіро-Вілка, Дікі-Фуллера, тести на коінтеграцію Педроні, Вестерлунда та Као, метод багатofакторної (багатовимірної) сплайн адаптивної регресії, метод нейромережевого моделювання.

Результати роботи. В роботі узагальнено теоретичні основи трансформації соціально-економічних відносин в країні в умовах цифровізації економіки, досліджено змістовно-контекстуальні та еволюційно-просторові закономірності впливу цифровізації економіки на реформування соціально-економічних відносин в країні, удосконалено методичний інструментарій оцінювання інтегрального рівня цифровізації суспільних відносин. За допомогою економіко-математичного моделювання формалізовано вплив цифровізації на індикатори соціально-економічного розвитку країни: соціальний розвиток та зайнятість населення, рівні освіти у науки у сфері НДДКР, досягнення цілей сталого розвитку, забезпечення якості вищої освіти. На основі отриманих результатів були визначені найбільш впливові цифрові драйвери підвищення якості публічного управління та надання державних послуг населенню, удосконалено адміністративно-правовий механізм цифрового захисту населення в умовах збройної агресії та гібридної війни

ЗМІСТ

ВСТУП.....	7
РОЗДІЛ 1. ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ ТРАНСФОРМАЦІЇ СОЦІАЛЬНО-ЕКОНОМІЧНИХ ВІДНОСИН В УМОВАХ ЦИФРОВІЗАЦІЇ ЕКОНОМІКИ ...	13
1.1 Змістовно-контекстуальні та еволюційно-просторові закономірності впливу цифровізації економіки на реформування соціально-економічних відносин в країні	13
1.2 Методичний інструментарій оцінювання рівня цифровізації суспільних відносин.....	20
1.3 Механізм адміністративно-правового забезпечення соціально-економічних реформ в умовах цифровізації суспільних відносин	27
РОЗДІЛ 2. ЕКОНОМІКО-МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ВПЛИВУ ЦИФРОВІЗАЦІЇ СУСПІЛЬНИХ ВІДНОСИН НА ІНДИКАТОРИ СОЦІАЛЬНО-ЕКОНОМІЧНОГО РОЗВИТКУ КРАЇНИ	45
2.1 Концептуальні засади дослідження впливу цифровізації на індикатори соціального розвитку країни: європейський досвід та українська практика...	45
2.2 Ідентифікація напрямків та важелів структурних трансформацій економіки та зайнятості населення в умовах цифровізації	62
2.3 Причинно-наслідкові зв'язки цифровізації суспільних відносин і рівня співпраці промисловості, освіти і науки у сфері НДДКР як драйверів соціально-економічного розвитку	72
2.4 Ступінь зв'язку та координації цифрового бізнесу та цифрового управління на тлі сталого розвитку	79
2.5 Стійкість країн світу до кібервзломів: оцінка інтегрального рівня та впливу поширеності Інтернету та мобільного зв'язку	97
РОЗДІЛ 3. ЦИФРОВІ ДЕТЕРМІНАНТИ ПІДВИЩЕННЯ ЯКОСТІ ДЕРЖАВНОГО УРЯДУВАННЯ.....	127
3.1 Науково-методичний підхід до визначення цифрових детермінант забезпечення економічних реформ.....	127

3.2 Дослідження впливу рівня розвитку цифрових сервісів держави на якість життя населення.....	139
3.3 Методологія інтегрального оцінювання інклюзивності електронних адміністративних послуг в Україні.....	166
РОЗДІЛ 4. РОЛЬ ЦИФРОВІЗАЦІЇ СУСПІЛЬНИХ ВІДНОСИН У РОЗВИТКУ ВИЩОЇ ОСВІТИ.....	178
4.1 Концептуальна трилема вищої освіти як основа формування моделі її трансформації в умовах цифровізації суспільних відносин.....	178
4.2 Вплив цифрових трансформацій сучасного освітнього процесу на забезпечення якості вищої освіти	186
4.3 Концепція умерсивного університету та університету в гаджеті	205
ВИСНОВКИ	225
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ	229
ДОДАТКИ	249

ВСТУП

Цифровізація та інтелектуалізація суспільства є масштабними драйверами економічного зростання країни: за даними Gartner майже 30% компаній світу протягом останніх 4 років запровадили штучний інтелект у свій бізнес, що збільшило їх обороти майже на 270%. За даними Міжнародної федерації робототехніки ринок робототехніки зросте на 175% протягом наступного десятиліття. В той же час, поряд із низкою переваг, цифровізація економіки створює і додаткові ризики як для держави та бізнесу, так і для окремих громадян, серед яких підвищення вразливості персональних даних, витік та викривлення інформації, поява нових цифрових можливостей для кіберзлочинності, загроз базам даних тощо. Низький рівень цифрової грамотності населення, а також низька ефективність механізмів цифрового соціального захисту громадян, системи управління фінансовими ресурсами, процесів автоматизації системи управління та контролю в соціальній та економічній сферах слугують підґрунтям низької ефективності реалізації «Стратегії цифрової трансформації соціальної сфери» і «Національної економічної стратегії на період до 2030 року» та лише поглиблюють деструктивні процеси у сфері цифровізації та інтелектуалізації суспільства. Науковцями, експертним середовищем та регуляторами багатьох країн світу напрацьовані дієві механізми цифровізації суспільних відносин як складової реалізації соціально-економічних реформ в країні. В умовах активного запровадження цифрових технологій в усі сфери розвитку країни відбувається трансформація суспільно-економічних відносин, моделей взаємодії держави, бізнесу та населення. Значно актуалізується потреба розроблення та послідуєчого впровадження дорожньої карти реалізації соціально-економічних реформ в Україні, яка б базувалася на емпірично підтверджених та статистичного обґрунтованих результатах економіко-математичного моделювання та прогнозування впливу рівня цифровізації та інтелектуалізації суспільства на показники економічного розвитку країни, якість життя

населення, рівень кібербезпеки, захисту цілісності фінансової системи та конфіденційності даних клієнтів, якість вищої освіти. Підвищенню ефективності імплементації запропонованих заходів сприятиме дослідження чутливості економічної, соціальної, інституційної та освітньої складових розвитку країни від рівня впровадження цифрових технологій за рахунок використання широкого спектру економіко-математичного інструментарію (тесту на одиничний корінь, тестів Браша-Пегана та Хаусмана, методів Грейнджера та VAR-моделювання, регресійного аналізу тощо) до реалізації окремих заходів в межах реалізації соціально-економічних реформ. Це дозволить підвищити рівень соціально-економічного розвитку країни та перетворити цифровізацію на ефективний інструмент налагодження взаємовідносин держави, бізнесу та суспільства, покращення якості життя населення, захисту його прав та інтересів.

Таким чином, врахування впливу цифровізації суспільних відносин на індикатори соціального та економічного розвитку країни дозволить розробити в рамках реалізації даного завдання рекомендації для Міністерства економіки України щодо реформування соціально-економічних відносин з урахуванням виявлених закономірностей та прогнозних значень цифровізації економіки.

Об'єкт роботи – система економічних відносин, що виникають в процесі соціально-економічних трансформацій в умовах цифровізації суспільних відносин.

Метою даної роботи є встановлення закономірностей соціально-економічних трансформацій в умовах цифровізації суспільних відносин.

До основних завдань дослідження належать:

– дослідити змістовно-контекстуальні та еволюційно-просторові закономірності впливу цифровізації економіки на реформування соціально-економічних відносин в країні;

– удосконалити методичний інструментарій оцінювання інтегрального рівня цифровізації суспільних відносин;

- удосконалити механізм адміністративно-правового забезпечення соціально-економічних реформ в умовах цифровізації суспільних відносин;
- удосконалити концептуальні засади дослідження впливу цифровізації на соціальний розвиток і зайнятість населення: європейський досвід та українська практика;
- розробити методичний підхід до ідентифікації напрямків та важелів структурних трансформацій економіки та зайнятості населення в умовах цифровізації;
- формалізувати причинно-наслідкові зв'язки цифровізації суспільних відносин і рівня співпраці промисловості, освіти і науки у сфері НДДКР як драйверів соціально-економічного розвитку;
- розробити модель оцінювання зв'язку та координації цифрового бізнесу та цифрового управління на тлі сталого розвитку;
- удосконалити методологію та інструментарій визначення стійкості країн світу до кібервзломів;
- удосконалити науково-методичний підхід до визначення цифрових детермінант забезпечення економічних реформ;
- дослідити вплив рівня розвитку цифрових сервісів держави на якість життя населення;
- удосконалити методології інтегрального оцінювання інклюзивності електронних адміністративних послуг в Україні;
- розробити концептуальну трилему вищої освіти як основу формування моделі її трансформації в умовах цифровізації суспільних відносин;
- розробити економетрична модель формалізації впливу цифрових трансформацій сучасного освітнього процесу на забезпечення якості вищої освіти;
- удосконалити концепцію імерсивного університету та університету в гаджеті.

Методи дослідження: метод панельного регресійного моделювання, тести Шапіро-Віллка, Дікі-Фуллера, тести на коінтеграцію Педроні, Вестерлунда та Као, метод багатofакторної (багатовимірної) сплайн адаптивної регресії, метод нейромережевого моделювання.

За результатами дослідження було отримані наступні наукові результати:

– удосконалений, на основі використання інструментарію VOSViewer, методологічний базис теорії цифровізації економіки шляхом виділення змістовно-контекстуальних та еволюційно-просторових закономірностей її впливу на реформування соціально-економічних відносин в країні, домінуючих напрямків та періодів зміни суспільної уваги до досліджуваних явищ, кластеризації країн світу та дослідницьких мереж.

– методологія та інструментарій визначення інтегрального рівня цифровізації суспільних відносин, що базується на системному врахуванні більшої, порівняно з іншими дослідженнями, кількості його субіндексів в розрізі економічної, соціальної, освітньої та інституційної складових розвитку країни;

– оцінено вплив цифровізації суспільних відносин на розвиток окремих галузей економіки (обсяги виробництва, фінансові показники діяльності, зайнятість населення), що дозволило визначити стратегічно важливі галузі, що потребують державної підтримки в умовах цифровізації, а також перспективні напрямки розвитку цифрових навичок та перекваліфікації персоналу;

– сплайни багатовимірної адаптивної регресії щодо оцінювання факторів впливу на рівень кібербезпеки соціально-економічних об'єктів (банків, фінансових установ, підприємств), а також визначення оптимальних обсягів інвестування в складові систем забезпечення кібербезпеки соціально-економічних об'єктів. Це дозволило виявити найбільш релевантні фактори впливу на рівень кібербезпеки, захисту цілісності фінансової системи,

конфіденційності даних своїх клієнтів та покращити цифрову інфраструктуру країни;

– формалізовано вплив цифровізації суспільних відносин на індикатори соціального розвитку країни та якості життя населення, виявлено теоретико-концептуальні закономірності цього взаємозв'язку та обґрунтовано відповідні рекомендації щодо удосконалення соціально-економічної політики в Україні;

– удосконалено інструментарій визначення взаємозв'язку цифровізації освітнього процесу та якості вищої освіти в контексті цифрових трансформацій. Це сформувало підґрунтя для удосконалення підходів щодо підготовки цифрово-орієнтованого студента (digital student) на основі впровадження цифрових технологій в освітній процес з врахуванням принципів доцільності, ефективності, студентоцентризму та інтернаціоналізації навчання;

– удосконалене поняття «цифровізація вищої освіти» як процесу впровадження та інтеграції цифрових технологій на основі створення та розвитку цифрового середовища ЗВО з метою оптимізації освітніх процесів, підвищення ефективності та розширення можливостей навчання та досліджень, розвитку цифрових компетентностей у студентів, викладачів та інших учасників вищої освіти. Запропоноване визначення дозволило детермінувати цифровізацію не лише з точки зору впровадження та інтеграції цифрових технологій, але й через призму створення та розвитку діджитал середовища закладу вищої освіти;

– методологічний підхід до оцінювання рівня інклюзивності електронного урядування на основі побудови інтегрального показника доступності електронних адміністративних послуг для вразливих категорій населення. Це сформувало підґрунтя для удосконалення стратегії розвитку електронного урядування на місцевому рівні з урахуванням принципів соціальної рівності та інклюзії населення;

– удосконалені теоретико-методологічні підходи до бенчмаркінг-аналізу показників оцінювання інтенсивності реформування соціально-економічних відносин в країні. Це дозволило, за допомогою регресійного моделювання панельних даних, визначити діджитал-драйвери та інгібітори підвищення його ефективності;

– механізм адміністративно-правового забезпечення процесів реформування соціально-економічних відносин в умовах цифровізації економіки в розрізі економічної, соціальної та освітньої складових.

Наукова цінність отриманих результатів полягає у відкритті нових системних взаємозв'язків між рівнями цифровізації економіки та показниками соціально-економічного розвитку країни.

РОЗДІЛ 1. ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ ТРАНСФОРМАЦІЇ СОЦІАЛЬНО-ЕКОНОМІЧНИХ ВІДНОСИН В УМОВАХ ЦИФРОВІЗАЦІЇ ЕКОНОМІКИ

1.1 Змістовно-контекстуальні та еволюційно-просторові закономірності впливу цифровізації економіки на реформування соціально-економічних відносин в країні

Однією із рушійних сил зміни суспільно-політичного та економічного середовища в країні є динамічний розвиток цифрових технологій та стрімке їх запровадження в усіх сферах. З одного боку це здійснює позитивний вплив на індикатори економічного розвитку країни, сприяє підвищенню продуктивності праці, полегшує доступ до окремих видів послуг населенню, з іншого – зумовлює трансформацію соціально-економічних відносин в країні, зміну алгоритмів та моделей взаємодії держави, бізнесу та суспільства, формує додаткові ризики з точки зору захисту персональних даних, боротьби з кіберзагрозами та шахрайствами.

Деякі дослідники розглядають запровадження цифрових технологій (широкосмуговий Інтернет, смартфони, Web 2.0, SEO, хмарні обчислення, розпізнавання мовлення, системи онлайн-платежів і криптовалюти) як драйвер розвитку електронної комерції в країні [4]. Подальший розвиток інноваційних цифрових технологій, таких як штучний інтелект (AI), блокчейн, Інтернет речей (IoT) і робототехніка може мати довгострокові позитивні наслідки для бізнесу [5].

Стрімке запровадження цифрових технологій в усі сфери та сектори розвитку економіки актуалізувало потребу в дослідженні їх ролі в економічному, соціальному та політичному розвитку країни та дослідження змістовно-концептуальних та еволюційно-просторових закономірностей розвитку цифрових технологій та їх впливу на трансформацію соціально-економічних відносин в країні.

З цією метою буде проведено бібліометричний аналіз 29649 наукових

публікацій, присвячених питанням цифровізації економіки, у виданнях, що індексуються базою даних Scopus. Наведена на рисунку 1.1 динаміка зростання кількості публікацій з питань цифровізації економіки протягом 1939-2023 років засвідчує стрімке зростання публікаційної активності з 2015 року. Однією із причин даної ситуації слугувало прийняття у 2015 році «Стратегії Єдиного цифрового ринку ЄС», що полягала у сприянні економічного зростання, збільшенні кількості робочих місць, підвищенні конкуренції, зростанні обсягів інвестицій та інновацій у країнах ЄС за рахунок трьох складових: полегшенню доступу споживачів і компаній до цифрових товарів і послуг, створення сприятливих та рівних умов для розвитку цифрових мереж, формування потенціалу для зростання цифрової економіки.

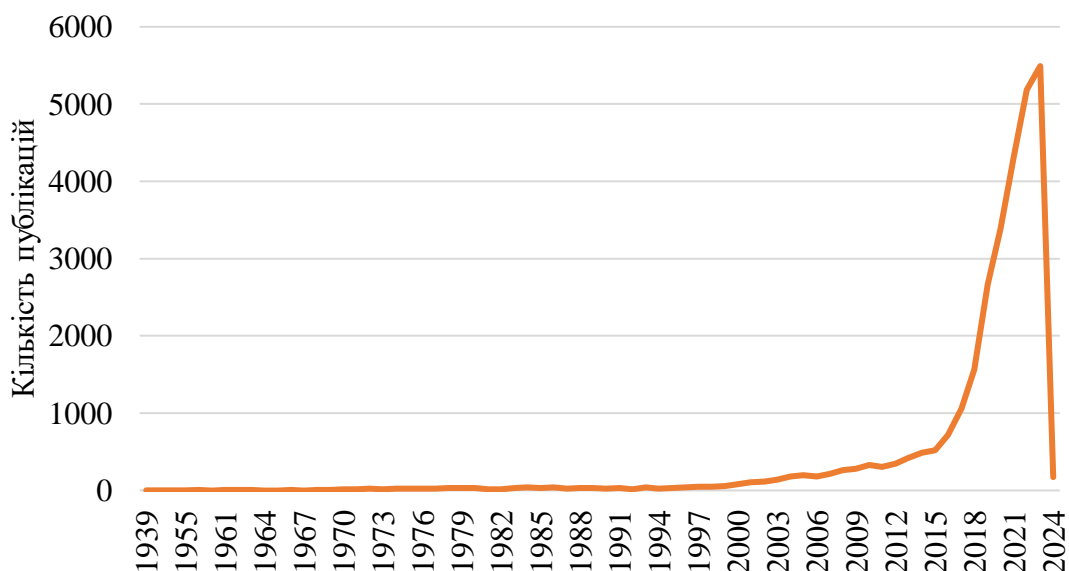


Рисунок 1.1 – Тенденції публікаційної активності з питань цифровізації економіки. Джерело: побудовано за даними бази даних Scopus

Якщо у 2015 році було опубліковано 524 публікацій з питань цифровізації економіки, то у 2023 році їх кількість становила 5492.

Перші публікації присвячені цифровізації економіки були опубліковані ще у 1939 році і до 1984 року носили поодинокий характер.

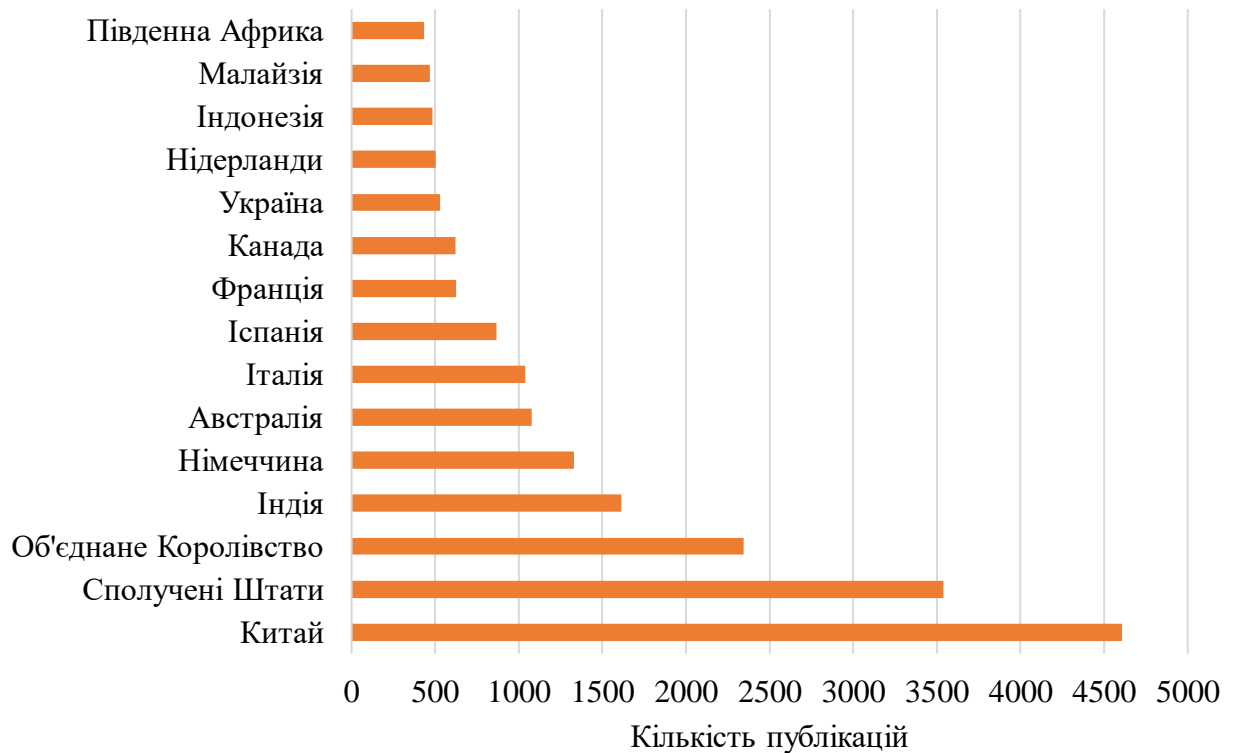


Рисунок 1.2 – Кількість публікацій з питань цифровізації економіки за країнами походження. Джерело: побудовано за даними бази даних Scopus

Аналіз публікацій за країною походження авторів (рисунок 1.2) засвідчив, що найбільшу кількість публікацій опубліковано за авторства представників Китаю (4608), США (3541), Великобританії (2346) та Індії (1614), найменше – країни Африки та Центральної Америки. Дані тенденції не корелюють з показниками рівнів цифрового розвитку країни та її цифрової конкурентоспроможності (таблиці 1.1).

Таким чином, можна зробити висновок про відсутність прямого зв'язку між рівнями цифрового розвитку країни та публікаційної активності з питань цифровізації економіки.

Таблиця 1.1 – Рейтинг країн за Індексом цифрової конкурентоспроможності

Країна	2023		2022		2021	
	рейтинг	бал	рейтинг	бал	рейтинг	бал
США	1	100	2	99,81	1	100
Нідерланди	2	98,1	6	97,85	7	93,31
Сингапур	3	97,4	4	99,48	5	95,13
Данія	4	96,93	1	100	4	95,16
Швейцарія	5	96,24	5	98,23	6	94,34
Республіка Корея	6	94,8	8	95,2	12	89,72
Швеція	7	94,12	3	99,81	3	95,19
Фінляндія	8	94,05	7	96,6	11	90,13
Китай	9	93,73	11	94,11	8	92,24
Гонк Конг	10	93,64	9	94,36	2	96,58
Канада	11	91,98	10	94,15	13	87,31
ОАЕ	12	88,86	13	91,42	10	90,52
Ізраїль	13	87,7	15	87,37	17	79,58
Норвегія	14	85,96	12	93,23	9	91,29
Бельгія	15	85,95	23	81,34	26	75,25

Джерело: побудовано за даними [6]

Аналіз публікацій з питань цифровізації економіки за галузями знань (рисунок 1.3) свідчить про мждисциплінарний характер даних досліджень і тісний зв'язок цифровізації з різними галузями знань. Так, найбільша кількість публікацій відноситься до галузей знань «Суцільні науки» – 18%; «Комп'ютерні науки» – 17%; «Інженерія» та «Бізнес, менеджмент та бухгалтерський облік» – 13%, найменша – «Мистецтво та гуманітарні науки» – 2%, «Науки про Землю та планети» та «Метаматика» – 3%.

Таким чином, цифровізація економіки розглядається в контексті її зв'язку економічною та соціальною складовою розвитку суспільства, енергетичним розвитком, теорією прийняття рішень, розвитком інформаційно-комунікаційних технологій, компітерної техніки тощо.



Рисунок 1.3 – Кількість публікацій з питань цифровізації економіки за галузями знань. Джерело: побудовано за даними бази даних Scopus

На наступному етапі дослідження за допомогою програмного забезпечення VosViewer буде проведено бібліометричний аналіз публікацій. Це дозволить провести змістовно-концептуальний аналіз поняття «цифровізація економіки» та визначити ключові напрямки дослідження цифровізації економіки з точки зору її зв'язку з іншими складовими. Наведені на рисунку 1.4 результати аналізу дозволяють нам виділити 16 кластерів ключових слів, головними з яких є:

– найбільший-червоний кластер ключає 129 ключових слів, серед яких: емісія CO₂, зелений розвиток, забруднення довкілля, зелені фінанси, зелені інновації, зелені технології, низьковуглецева економіка, сільське господарство, урбанізація.

Таким чином, в межах даного кластеру цифровізація економіки розглядається як елемент екологічного розвитку країни, декарбонізації економіки та досягнення цілей сталого розвитку.

розглядають зв'язок цифровізації економіки з розвитком бізнесу: бізнес-модель, цифрові інновації, споживачі, споживання, кризис-менеджмент, підприємництво, продуктивність фірми, інтернаціоналізація, ланцюг поставок, трансфер технологій, малий бізнес, стартап, стратегічний менеджмент, економіка знань, продуктивність, ключові показники ефективності.

– до помаранчевого (54 ключових слова) та коричневого (53 ключових слова) кластеру відносяться ключові слова, що розглядають розвиток банківського сектору в умовах цифровізації економіки: цифровий банкінг, цифрові платежі, цифрові технології, електронний гаманець, фінансова грамотність, мобільний банкінг, мобільні гроші, онлайн закіпівлі, біткоїн, блокчейн, цифрова валюта центрального банку, криптовалюти, цифрові гроші, платіжні системи, безпека, ризик.

– в межах рожевого кластеру (51 ключове слово) розглядається зв'язок цифровізації економіки із розвитком освіти та знань: цифрове навчання, цифрові платформи, дистанційне навчання, навчання, знання, онлайн освіта, кооперація, цифрові інновації.

– салативий кластер включає 46 ключових слів, що пов'язані із розвитком державного управління: електронне урядування, державне управління, державний сектор, публічні послуги, транспарентність, політика тощо.

Таким чином, результати бібліометричного аналізу змістовно-концептуальних особливостей дослідження цифровізації економіки дозволяють зробити висновок про міждисциплінарний характер даної категорії та тісний її зв'язок з окремими складовими розвитку країни (економічний розвиток, кібербезпека, освіта та бізнес). Це зумовлює потребу в більш детальному дослідженні ролі цифровізації економіки в розвитку окремих галузей та секторів економіки, її впливу на індикатори якості життя суспільства.

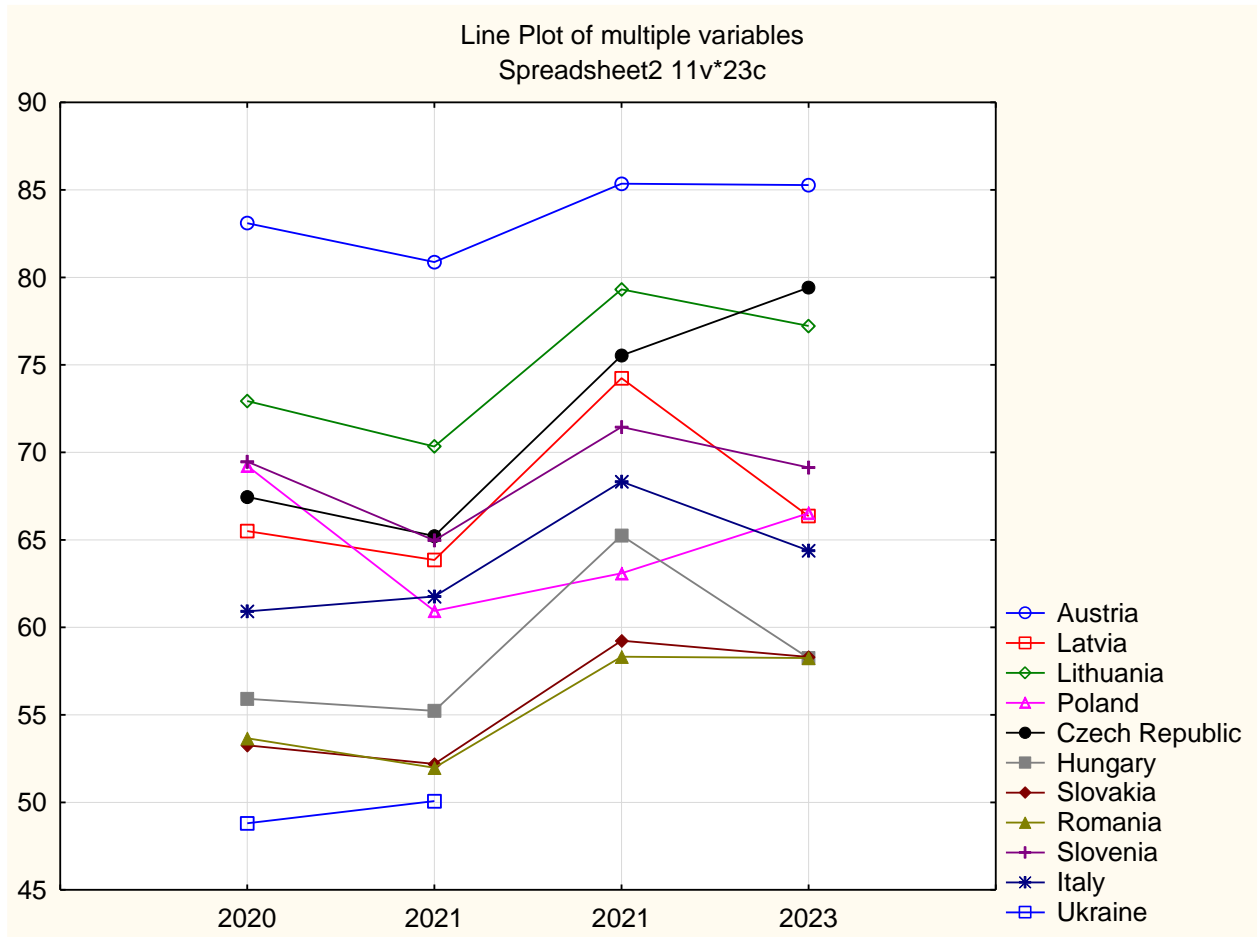
1.2 Методичний інструментарій оцінювання рівня цифровізації суспільних відносин

Передумовою дослідження ролі цифровізації економіки в соціо-еколого-економічному розвитку країни слугує визначення рівня розвитку цифрових технологій. З цією метою проведемо дослідження рівня запровадження цифрових технологій в Україні та деяких країнах ЄС за період 2011-2021 рр. Інформаційною базою дослідження слугуватимуть дані міжнародних рейтингових агентств, Світового банку, Європейської комісії та Організації економічного співробітництва та розвитку.

Рівень запровадження цифрових технологій в країні буде визначено за допомогою наступних показників: Індекс цифровізації економіки та суспільства (I_1), Індекс впровадження цифрових технологій (I_2), Глобальний індекс інновацій (I_3); Індекс готовності мережі (I_4), Індекс цифровізації економіки (I_5), Індекс світової цифрової конкурентоспроможності (I_6), Індекс якості цифрового життя (I_7).

На першому етапі дослідження буде проведено трендовий аналіз значень окремих індикаторів, що характеризуються рівень розвитку та ефективність запровадження цифрових технологій в країні.

Наведена на рисунку 1.5 динаміка зміни індексу світової цифрової конкурентоспроможності свідчить про незначне зростання його значень для деяких країн світу. Так, наприклад Індекс світової цифрової конкурентоспроможності Литви зріс із 72,9 у 2020 року до 77,23 у 2023 році, Словачії – з 53,23 до 58,3 відповідно, Чехії – з 67,45 до 79,42 відповідно. В той же час, протягом аналізованого періоду Індекс світової цифрової конкурентоспроможності Словенії та Латвії залишився практично на рівні 2020 року, а в Польщі – знизився з 69,233 до 66,53 відповідно.



Примітка: у 2022 та 2023 рр. значення даного індексу для України не розраховувалися

Рисунок 1.5 – Динаміка Індексу світової цифрової конкурентоспроможності.

Джерело: побудовано за даними [1]

Аналіз Індексу готовності мережі дозволяє зробити висновок про погіршення значень даного показника майже для всіх аналізованих країн протягом останніх 4 років (рисунок 1.6). Незважаючи на те, що лише Україні вдалося покращити свої позиції в рейтингу готовності мережі (55,16 у 2023 році порівняно із 49,43 у 2020 році), значення даного індексу все рівно залишаються найнижчими серед усіх аналізованих країн. Для решти країн значення Індексу готовності мережі знаходиться на середньому рівні 0,5-0,7.

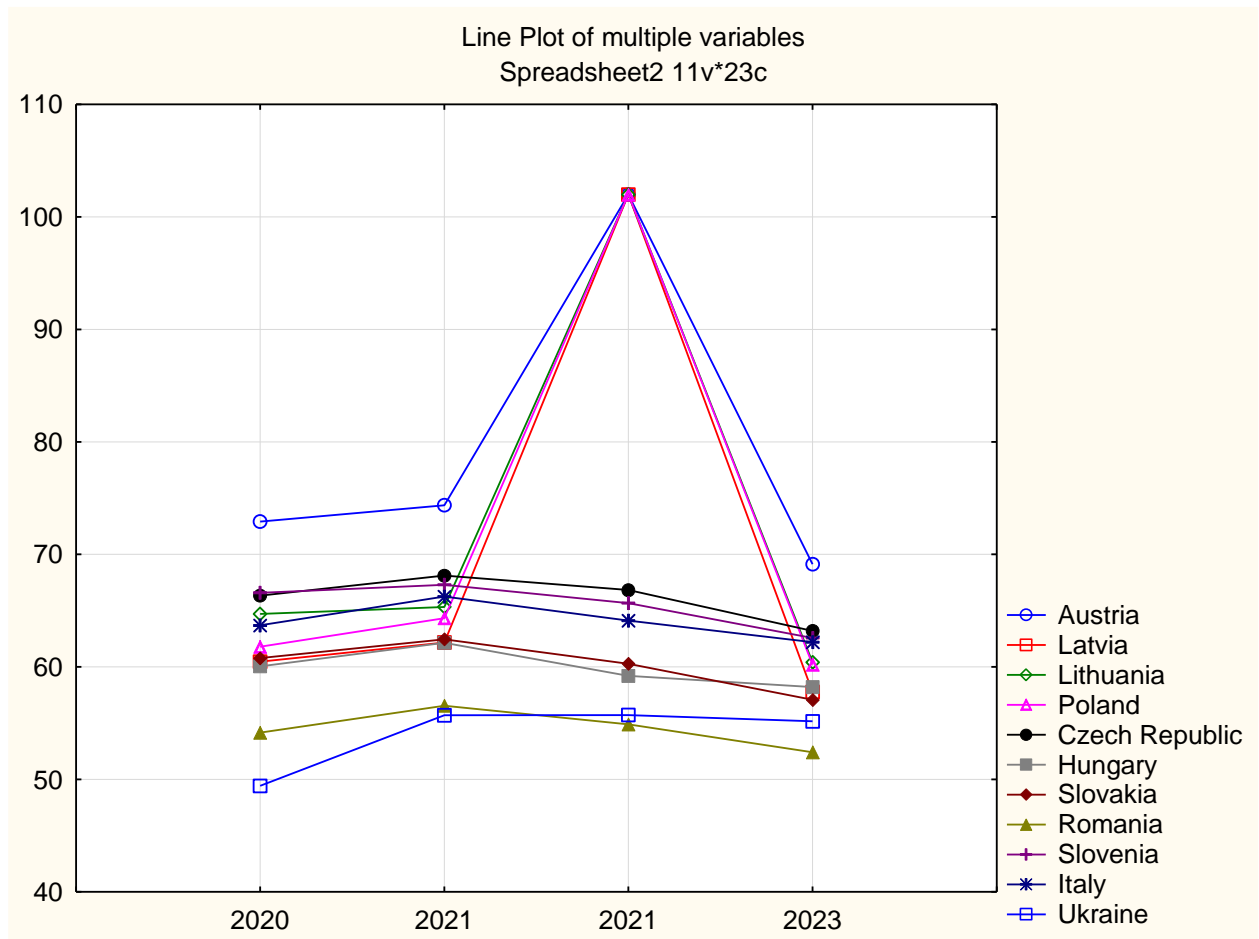


Рисунок 1.6 – Динаміка зміни значень Індексу готовності мережі.

Джерело: побудовано за даними [2]

Важливим показником, що характеризує цифровий добробут країн, ступінь розвитку цифрової інфраструктури та рівень електронної безпеки громадян є Індекс якості цифрового життя. Значення даного індексу засвідчують поступове покращення рівня цифрової якості життя для всіх країн (рисунок 1.7). За результатами 2023 року найвище значення серед аналізованих нами країн має Австрія (0,72), найнижче – Україна (0,53). Аналіз динаміки зміни значень даного індексу протягом 2020-2023 рр. дозволяє зробити висновок про їх різний характер його динаміки для аналізованих країн: суттєве його зростання в Румунії (0,69 у 2023 році порівняно із 0,58 у 2020), зниження в Польщі (0,66 та 0,72 відповідно) та Словенії (0,61 та 0,67 відповідно), та повернення до рівня 2020 року в Словачії, Латвії.

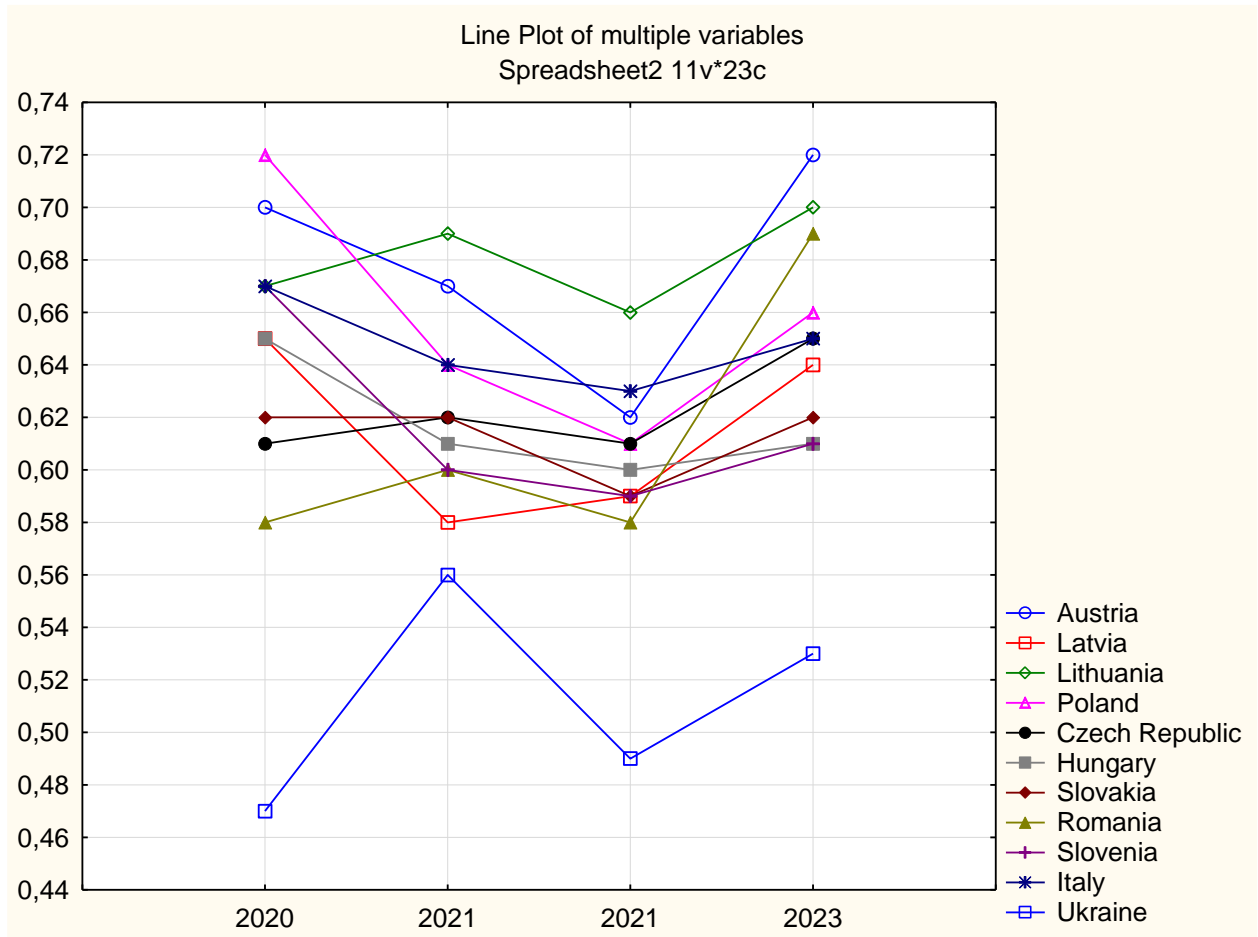


Рисунок 1.7 – Динаміка Індексу якості цифрового життя.

Джерело: побудовано за даними [3]

З метою більш комплексного дослідження місця України за рівнем цифровізації економіки на наступному етапі дослідження буде проведено оцінювання інтегрального показника цифровізації економіки на наступною формулою:

$$IDE_{it} = \left(1 + \frac{\tilde{\lambda}_{1t}}{1!} + \frac{(\tilde{\lambda}_{2t})^2}{2!} + \frac{(\tilde{\lambda}_{3t})^3}{3!} + \dots + \frac{(\tilde{\lambda}_{nt})^7}{7!} \right)^{-1} \quad (1.1)$$

де IDE_{it} – інтегральний показник показника цифровізації економіки країни i в періоді період t ;

$\tilde{\lambda}_{it}$ – нормоване значення n -го показника цифровізації за період t ;

$i!$ – i факторіал.

На основі формули 1.1 було проведено оцінювання інтегрального показника цифровізації економіки України та 10 країн ЄС у 2019-2023 роках. Наведені в таблиці 1.2 результати розрахунків, засвідчують достатньо високий рівень цифровізації економіки в більшості аналізованих країн. Найвищі значення інтегрального показника цифровізації економіки мають Австрія (0,99 у 2024 році), Литва та Чехія (0,91), найнижчі – Україна (0,71). Середнє значення інтегрального показника цифровізації економіки протягом аналізованого періоду коливається в межах 0,83-0,85. Вцілому, протягом аналізованого періоду відбулося незначне зростання інтегрального показника цифровізації економіки лише для трьох із одинадцять аналізованих країн (Чехія - +0,06, Румунія - +0,07 та Україна - +0,08 порівняно з показниками 2019 року).

Таблиця 1.2 – Динаміка інтегрального показника цифровізації економіки

Країна	2019	2020	2021	2022	2023
Австрія	0,98	0,98	0,98	0,97	0,99
Латвія	0,83	0,83	0,81	0,86	0,83
Литва	0,89	0,89	0,91	0,93	0,91
Польща	0,88	0,88	0,84	0,83	0,85
Чеська Республіка	0,83	0,85	0,86	0,91	0,91
Угорщина	0,80	0,79	0,79	0,83	0,78
Словаччина	0,77	0,77	0,79	0,80	0,78
Румунія	0,70	0,72	0,75	0,77	0,79
Словенія	0,89	0,88	0,85	0,88	0,85
Італія	0,84	0,84	0,85	0,88	0,84
Україна	0,64	0,63	0,72	0,70	0,71

Джерело: авторські розрахунки

На наступному етапі дослідження за допомогою методу k-середніх проведемо кластерний аналіз країн за інтегральним показником цифровізації економіки. Застосований дозволив сформувати чотири кластери країн. Це дозволило сформувати відносно однакові за розміром кластери, збалансовані за кількістю країн, що входять до них, в той час як поділ на три та п'ять кластерів не дозволив відобразити усі відмінності в цифровізації економіки усіх аналізованих країн.

Таблиця 1.3 – Кластеризація країн за індикаторами податкової конкурентоспроможності на основі методу k-середніх

Кластер 1	Кластер 2	Кластер 3	Кластер 4
Австрія, Литва, Чехія	Латвія, Польща, Словенія, Італія	Угорщина, Словакія, Україна	Румунія

Джерело: узагальнено на основі розрахунків автора

Наведені в таблиці 1.3 результати кластеризації засвідчили приблизно однакову кількість країн в межах 1-3 кластерів. За показниками цифровізації економіки Україна разом із Словакією та Угорщиною віднесена до третього кластеру. До першого кластера віднесено країни (Австрія, Литва, Чехія) із найвищими значення індексів цифровізації економіки (вище 0,9).

Для більш детального аналізу кожного із сформованих нами кластерів буде проведено дисперсійний аналіз складових інтегрального показнику цифровізації економіки (таблиця 1.4). Середнє значення індикаторів цифровізації економіки є найвищими для першого кластеру, найнижчими – для країн четвертого кластеру. В той же час, перший кластер характеризується значно вищою варіацією більшості показників порівняно з іншими кластерами. Так, наприклад, для варіація Індексу цифровізації економіки та суспільства (I_1) для першого кластеру становить 12,72 порівняно із країнами четвертого кластеру (2,42), для Індексу готовності мережі (I_2) – 25,5 для першого кластеру та 8,77 для другого. Стандартне відхилення значення індикаторів цифровізації економіки для країн першого кластеру в середньому коливається в межах 3,2-5,5, для країн другого кластеру – 2,8-4,6, третього кластеру – 2,6-3,9, четвертого – 1,4-3,0. Таким чином, можна зробити висновок про те, що четвертий кластер сформований із країн, що мають більш стабільні значення індикаторів цифровізації економіки.

Таблиця 1.4 – Результати дисперсійного аналізу складових інтегрального показнику цифровізації економіки для кожного із сформованих кластерів

Індикатор	Mean	St. dev	Var	Індикатор	Mean	St. dev	Var
Кластер 1				Кластер 3			
I ₁	76,52808	3,567143	12,72451	I ₁	53,16298	2,611908	6,82206
I ₂	81,78366	4,916352	24,17052	I ₂	76,09911	3,963022	15,70554
I ₃	64,55324	4,875439	23,76991	I ₃	56,08374	3,240132	10,49845
I ₄	66,86143	5,049767	25,50015	I ₄	58,08909	3,355987	11,26265
I ₅	69,60579	3,244480	10,52665	I ₅	48,35415	2,375649	5,64371
I ₆	80,43100	3,749067	14,05550	I ₆	55,87427	2,745115	7,53565
I ₇	66,14286	3,976119	15,80952	I ₇	61,54546	3,205110	10,27273
Кластер 2				Кластер 4			
I ₁	63,24545	3,473058	12,06214	I ₁	48,24549	1,555090	2,41830
I ₂	78,22300	4,623548	21,37719	I ₂	63,36909	4,984370	24,84394
I ₃	61,21181	2,859174	8,17488	I ₃	52,13581	2,951932	8,71390
I ₄	63,40053	2,961408	8,76994	I ₄	54,00000	3,057483	9,34820
I ₅	57,52462	3,158906	9,97868	I ₅	43,88148	1,414425	2,00060
I ₆	66,47095	3,650184	13,32384	I ₆	50,70600	1,634399	2,67126
I ₇	63,26316	3,739312	13,98246	I ₇	51,25000	4,031129	16,25000

Джерело: авторські розрахунки

Графік середніх значень індикаторів цифровізації економіки (рисунок 1.8) показує, що розподіл країн був здійснений відповідно до значень усіх семи індикаторів цифровізації за виключенням четвертого кластеру.

Для всіх аналізованих індикаторів цифровізації економіки існує значний розрив між їх середніми значеннями в межах кожного зі сформованих кластерів. близькі значення кластерних середніх для I₂ та I₇ існують для четвертого та першого кластерів, для змінних I₁, I₅ та I₆ – для кластерів 4 і 3. Таким чином, віднесення країни до четвертого кластеру базується, переважним чином, на значеннях Глобального індексу інновацій (I₃) та Індексу готовності мережі (I₄).

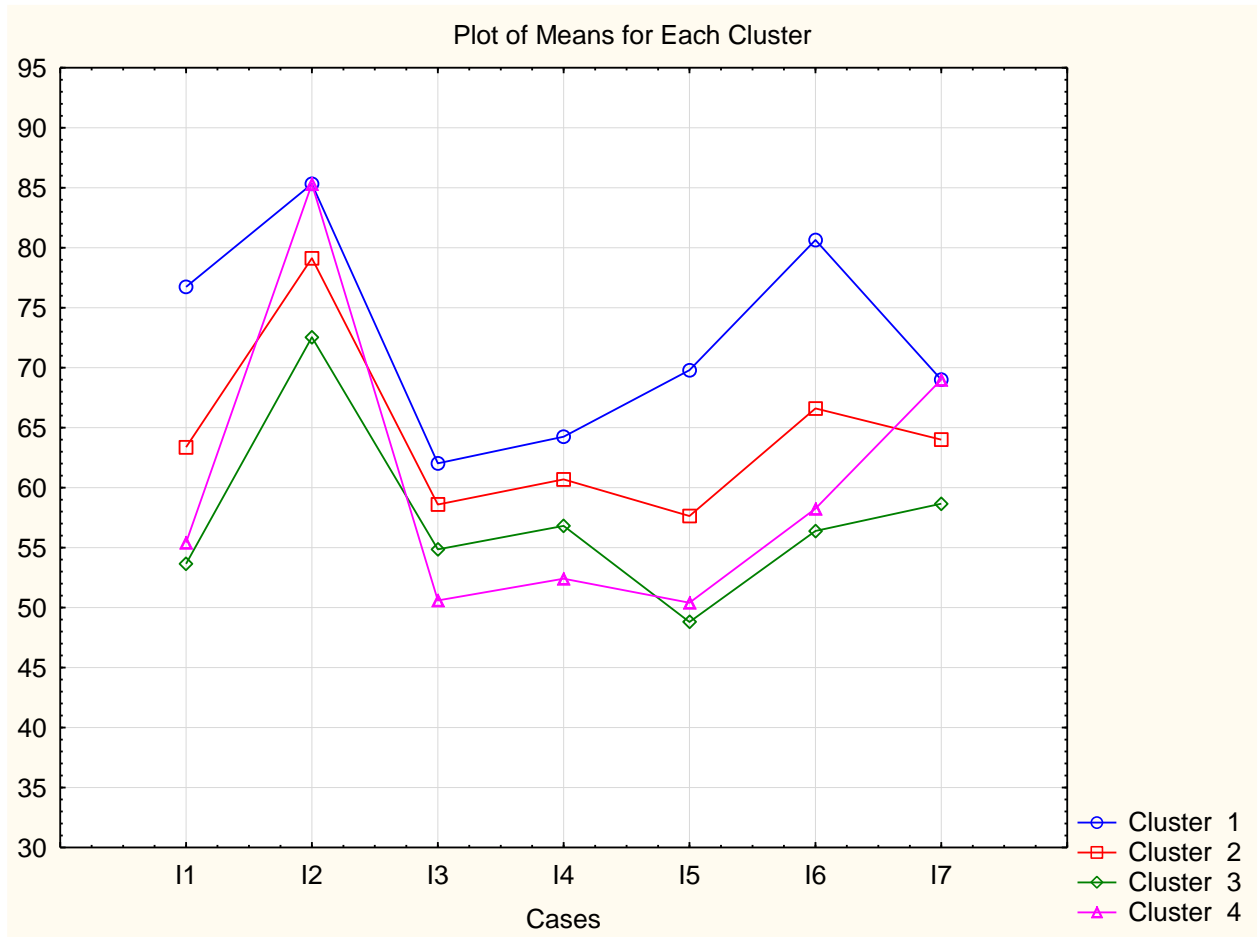


Рисунок 1.8 – Графік середніх значень індикаторів цифровізації економіки для кожного кластера. Джерело: авторські розрахунки

Таким чином, результати проведеного аналізу свідчать про суттєві відмінності між рівнями цифровізації економіки в різних країнах світу та потребу більш детального аналізу особливостей цифрової трансформації суспільства, її впливу на окремі складові розвитку країни.

1.3 Адміністративно-правовий механізм цифрового захисту населення в умовах збройної агресії та гібридної війни

Сучасний науково-технологічний прогрес визначив вектор суспільного розвитку, зокрема перехід до інформаційного етапу соціально-економічного розвитку суспільства. Сьогодні цифровізація, як складова інформаційних

технологій стала каталізатором впливу на всі види діяльності людини з одночасним їх трансформуванням. Водночас характер реформаційних процесів настільки масовий та фундаментальний, що з впевненістю можна говорити про настання епохи цифровізаційного суспільства, однак такі зміни породили як великі можливості так і потенційні небезпеки, які пов'язані із самою сутністю цифровізації як інформаційної складової.

Зауважимо, що в контексті цифрової трансформації суспільства жодна сфера діяльності неможлива без інформаційно-телекомунікаційних технологій збору, обробки та зберігання інформації. Таким чином, цифрова інформація має унікальну цінність і є критично важливим ресурсом, який вимагає надійних методів захисту. Превентивні заходи щодо усунення загроз і ризиків в умовах цифрової трансформації, забезпечення безпеки інформаційно-телекомунікаційного середовища, стали сьогодні основою конкурентоспроможності для людини, бізнесу та держави.

У сучасних умовах гібридних воєн виникає значна кількість кіберінцидентів між різними країнами, і особливо великі виклики у сфері забезпечення інформаційної безпеки стикається Україна. Це особливо пов'язано з повномасштабними воєнними діями з боку країни-агресора.

Важливо відзначити, що в епоху діджиталізації та цифровізації інформаційна сфера виступає крайньо важливим аспектом всієї військової арени. На перший погляд, невеликі заходи, такі як дезінформація, можуть завдати колосальної шкоди як національним інтересам країни, так і економічному компоненту держави.

Варто зазначити, що сьогодні більшість країн світу переживає «цифровий розвиток», який істотно визначається інтеграційними процесами. Цей розвиток виступає каталізатором та, до певної міри, спонукає до об'єднання, використовуючи різноманітні засоби та заходи, зокрема в інформаційній сфері, з метою завдання шкоди для досягнення власних стратегічних цілей. В цьому контексті інформаційна сфера стає однією з ключових областей, пріоритетність захисту якої визначається державною політикою. Потреба в забезпеченні

безпеки в інформаційній сфері визнається на державному рівні, що пояснює активну діяльність уповноважених органів влади, спрямовану на гарантування інформаційної безпеки в контексті збирання, накопичення, обробки та передачі інформації.

Сучасні інформаційні війни, наразі з іншими формами інформаційної боротьби та видами інформаційних конфліктів, є проявами більш широкої категорії – загроз національним інтересам та національній безпеці. Безперечно, предметом нашого вивчення є не весь комплекс загроз, а власне загрози в інформаційній сфері, загрози інформаційній безпеці держави.

Питаннями визначення, вивчення та аналізу інформаційних загроз було предметом наукового інтересу багатьох вчених. Зокрема, О. О. Охрипов, А. В. Платоненко, Я. М. Жарков, О. С. Зозуля, Малашко О.Є., Єсімов С.С., Прав Р.Ю., Олійник О.В., Кормич Б.А., Федченко Д. І., Довгань О.Д., В. Л.Бурячок, В. В. Кравчук, М. В. Гуцалюк, В. В. Кравчук, О. Д. Довганя, В. С. Серьогіна та інші.

Водночас враховуючи повномасштабну військову агресію з боку Російської Федерації, яка стала фактичним каталізатором виникнення нових видів кіберзагроз не лише державного й суспільного характеру, але й глобального, це питання лишається мало досліджуваним.

Для України, яка сьогодні стала об'єктом зовнішньої інформаційної експансії, маніпулятивних пропагандистських технологій та руйнівного інформаційного вторгнення, збереження інформаційного суверенітету та створення ефективної системи безпеки в інформаційному просторі та кіберпросторі, як його частині, стають актуальними завданнями. Ці питання набувають особливого значення в контексті російсько-українського конфлікту, де захист національного інформаційного простору від негативних інформаційно-психологічних впливів, операцій, гарантування інформаційної безпеки та інформаційного суверенітету стають важливими елементами збереження національної ідентичності та забезпечення функціонування країни як суверенної та незалежної держави.

Перш ніж визначити основні загрози в сфері забезпечення інформаційної безпеки, пропонуємо проаналізувати саму категорію «інформаційна безпека», визначити її сутність та дефініцію поняття та визначити роль кібербезпеки в контексті забезпечення інформаційної безпеки.

Перш за все з'ясуємо, який зміст вкладається в термін «Information Security» у міжнародних стандартах. Так в ISO/IEC 17799 цим терміном визначається забезпечення конфіденційності, цілісності та доступності інформації. В стандартах ISO/IEC 13335-1 та ISO/IEC 27001 визначення цього терміну більш широке: додається забезпечення таких властивостей інформації як обліковість, достовірність, невідмовність та надійність, а головне, підкреслюється, що стан «Information Security» – це змінна у часі величина, що інтегрує у собі всі наведені вище властивості інформації та залежить від рівнів цих властивостей на даний момент часу. Зміна рівнів обумовлюється непостійністю характеристик та варіюванням кількості діючих зовнішніх і внутрішніх загроз: чим більша кількість загроз і вища їх інтенсивність, тим нижчий (гірший) стан «Information Security» [4].

З доктринальної точки зору, щодо визначення сутності поняття «інформаційна безпека» дає Платоненко А.В. – ступінь безпеки інформаційного середовища, який відповідає інтересам держави, визначається рівнем гарантування безпеки та стійкості інформаційних ресурсів та систем, відбувається шляхом реалізації заходів та стратегій, спрямованих на формування, використання та розвиток інформаційних ресурсів, незалежно від можливих внутрішніх і зовнішніх загроз інформаційного характеру [8, с. 88].

В свою чергу Жарков Я.М. визначає інформаційну безпеку, як діяльність людей, суспільства, держави та світової спільноти спрямованої на виявлення, попередження, ослаблення та усунення загроз, які можуть призвести до повного знищення їхніх фундаментальних матеріальних і духовних цінностей, завдати неприйнятної (неприпустимої об'єктивно і суб'єктивно) шкоди та перешкоджати прогресивному розвитку [9, с. 122].

О.С. Зозуля розглядає категорію інформаційної безпеки як стан, що відзначається відсутністю загроз, є таким, де відсутні чинники та умови, які можуть становити загрозу безпосередньо для індивіда, суспільства або держави з боку інформаційного середовища [10, с. 110].

Кібербезпека сьогодні є однією з найважливіших тем у сучасному світі. Проте важливо розрізнити поняття кібербезпеки та інформаційної безпеки, що наразі спричинює плутанину серед великої кількості людей (таблиця 1.5).

Таблиця 1.5 – Співвідношення сутності понять кібербезпека та інформаційна безпека

Критерій	Інформаційна безпека	Кібербезпека
Визначення	Захист інформації взагалі, незалежно від форми та типу.	Фокус на захисті інформації в мережі та цифровому середовищі.
Сфера застосування	Включає всі аспекти захисту інформації у фізичній та цифровій формах.	Спрямована на захист виключно цифрової інформації та комп'ютерних систем.
Об'єкти захисту	Фізичні та електронні носії інформації, документи, приміщення тощо.	Комп'ютерні системи, мережі, програми та цифрові дані.
Загрози	Можуть бути фізичними або електронними, внутрішніми або зовнішніми.	Головним чином електронні загрози, такі як хакерські атаки, віруси тощо.
Заходи безпеки	Фізичний контроль доступу, політики, процедури та технічні заходи.	Антивірусне програмне забезпечення, мережеві заходи, криптографія тощо.
Обсяг	Ширший спектр, охоплює всі аспекти, пов'язані з інформацією.	Специфічно спрямований на область цифрових технологій та комп'ютерів.

Таким чином кібербезпека становить лише частину загального обсягу інформаційної безпеки, обмежуючись електронними аспектами інформаційного простору, зокрема через низьку аспектів: 1) фокус на цифрових технологіях (кібербезпека концентрується на захисті виключно цифрової інформації яка обертається в інформаційно-телекоунікаційних системах, включає в себе заходи безпеки, спрямовані на мережі, комп'ютери, програми та інші аспекти цифрового середовища; 2) інформаційно-телекомунікаційна орієнтованість (кібербезпека зазвичай стосується захисту комп'ютерних систем, мереж і

даних, орієнтована на виявлення, запобігання та врегулювання цифрових загроз, таких як хакерські атаки, віруси, шкідливий програмний код тощо; 3) цифрові загрози (основними загрозами для кібербезпеки є електронні атаки, які виникають в кібернетичному середовищі [11]).

Саме це відрізняє кібербезпеку від інформаційної безпеки, яка може включати загрози фізичного характеру або інші форми неприязної діяльності. Водночас, сьогодні саме забезпечення кібербезпеки є нагальною та актуальною потребою держави, враховуючи ті виклики, з якими вона стикається сьогодні: 1) зростання кількості кіберзагроз; 2) цифрова трансформація держави та залежність від інформаційно-телекомунікаційних технологій; 3) збільшення розміру та складності телекомунікаційних мереж; 4) збільшення обсягу цінності цифрових даних, які обертаються в інформаційно-телекомунікаційних мережах; 5) глобальний характер кіберзагроз [12, с. 155].

Кібербезпека спрямована на виявлення та відбиття загроз в кібернетичному просторі, щодо об'єктів, пов'язаних із ІТ-технологіями, комп'ютерами, телекомунікаційними мережами, а також зберіганням, обробкою та передачею цифрової інформації. Водночас, відповідно до Закону України «Про основні засади забезпечення кібербезпеки України», кібератака – спрямовані (навмисні) дії в кіберпросторі, які здійснюються за допомогою засобів електронних комунікацій (включаючи інформаційно-комунікаційні технології, програмні, програмно-апаратні засоби, інші технічні та технологічні засоби і обладнання) та спрямовані на досягнення однієї або сукупності таких цілей: порушення конфіденційності, цілісності, доступності електронних інформаційних ресурсів, що обробляються (передаються, зберігаються) в комунікаційних та/або технологічних системах, отримання несанкціонованого доступу до таких ресурсів; порушення безпеки, сталого, надійного та штатного режиму функціонування комунікаційних та/або технологічних систем; використання комунікаційної системи, її ресурсів та засобів електронних комунікацій для здійснення кібератак на інші об'єкти кіберзахисту [13].

У сучасному світі забезпечення кібернетичної безпеки виступає не локальною проблемою окремих суб'єктів, а глобальною проблемою. Сьогодні мета кібератак настільки обширна, що вже виходить за межі окремих хакерських атак та кримінальних правопорушень економічного характеру, сьогодні такою метою виступає рівень безпеки державної критичної інфраструктури. Інновації в галузі ІТ-технологій в сучасній Україні є ключовим фактором цих змін. Державні та транснаціональні компанії, а також окремі користувачі вже не уявляють свого життя без них, і все більше фінансових операцій здійснюється через Інтернет. Кіберзлочинці усвідомили, які величезні можливості для «заробітку» грошей виникли в останні часи, і багато з нинішніх шкідливих програм написані на замовлення або з метою подальшого продажу іншим злочинцям. У результаті злочинний ланцюг замикається у великому кільці організованої кіберзлочинності [14, с. 14].

Розглянувши доктринальні підходи щодо визначення дефініції поняття «інформаційна безпека», не можемо не звернути увагу, щодо легального визначення аналізованого поняття. Так, Закон України «Про Основні засади розвитку інформаційного суспільства в Україні на 2007-2015 роки» визначає інформаційну безпеку, як стан захищеності життєво важливих інтересів людини, суспільства і держави, при якому запобігається нанесення шкоди через: неповноту, невчасність та невірогідність інформації, що використовується; негативний інформаційний вплив; негативні наслідки застосування інформаційних технологій; несанкціоноване розповсюдження, використання і порушення цілісності, конфіденційності та доступності інформації [15].

Закон України «Про телекомунікації» дає визначення поняття «інформаційна безпека телекомунікаційних мереж» як здатність телекомунікаційних мереж забезпечувати захист від знищення, перекручення, блокування інформації, її несанкціонованого витоку або від порушення встановленого порядку її маршрутизації [16].

Хоча в Законі України «Про основні засади забезпечення кібербезпеки України» не має визначення поняття інформаційна безпека, однак є визначення кібербезпеки як складового елемента системи інформаційної системи, зокрема – захищеність життєво важливих інтересів людини і громадянина, суспільства та держави під час використання кіберпростору, за якої забезпечуються сталий розвиток інформаційного суспільства та цифрового комунікативного середовища, своєчасне виявлення, запобігання і нейтралізація реальних і потенційних загроз національній безпеці України у кіберпросторі [17].

Доцільно виділити основні недоліки діючої інформаційної політики України, як стала фактично сприяти труднощам в забезпеченні інформаційного суверенітету та ефективного управління в інформаційній сфері України: 1) недосконалість нормативно-правової бази – присутня потреба у подальшій адаптації нормативно-правового фреймворку до вимог внутрішнього розвитку країни і, з іншого боку, до вимог Європейського Союзу та Ради Європи; 2) брак системної, комплексної та ефективної державної політики розвитку інформаційного суспільства – система державного управління та регулювання є громіздкою та неефективною, існує відсутність кореляції між стратегічними проектними документами і реальною адміністративно-політичною та регуляторною практикою. Чрезмірне недофінансування сфери інформаційної політики з Державного бюджету та недосконалі й непрозорі механізми фінансування є актуальною проблемою; 3) недостатня розвиненість національної інформаційно-телекомунікаційної інфраструктури – присутня цифрова нерівність між регіонами України; 4) застарілі телекомунікаційні мережі та низькі показники проникнення широкосмугового доступу до мережі інтернет та мобільного зв'язку стандарту 3G та 4G є проблемними. Розвиток сегментів е-урядування, е-освіти, е-медицини, е-комерції та ІТ-послуг є надто повільним.

Основним суб'єктом в забезпеченні права особи на інформаційну безпеку виступає держава, водночас, така обставина зумовлюється наявністю в її компетенції відповідних прав і повноважень, щодо створення спеціальних

органів, інститутів та служб, функціональна діяльність яких пов'язана з забезпечення інформаційної безпеки. Суб'єкти формування та реалізації політики державної безпеки в інформаційній сфері можна розділити на дві основні категорії: 1) органи державної влади України (різних рівнів та сфер життєдіяльності, органи місцевого самоврядування); 2) суб'єкти, що функціонують поза системою державного управління: підприємства та організації різних форм власності і господарювання, громадські об'єднання, асоціації та інші організації громадянського суспільства [18].

Відповідно до рішення Ради національної безпеки і оборони України від 15 жовтня 2021 року «Про Стратегію інформаційної безпеки» Рада національної безпеки і оборони України відповідно до Конституції України та у встановленому законом порядку здійснює координацію діяльності органів виконавчої влади щодо забезпечення національної безпеки в інформаційній сфері, зокрема з використанням спроможностей Центру протидії дезінформації [19].

В свою чергу Кабінет Міністрів України відповідає за формування та реалізацію інформаційної політики держави, гарантує інформаційний суверенітет, фінансує програми, пов'язані з інформаційною безпекою, а також спрямовує та координує діяльність міністерств та інших органів виконавчої влади в цій сфері, розробляє та затверджує план заходів з реалізації Стратегії, на основі якого відповідні органи виконавчої влади впроваджують заходи щодо забезпечення інформаційної безпеки.

Органи державної влади спільно з органами місцевого самоврядування, Центром протидії дезінформації та інститутами громадянського суспільства взаємодіють для забезпечення реалізації Стратегії відповідно до плану заходів, який отримує затвердження від Кабінету Міністрів України. Центральний орган виконавчої влади, що забезпечує формування та реалізацію державної політики в інформаційній сфері: 1) здійснює в межах компетенції нормативно-правове регулювання у сфері інформаційної безпеки України; 2) визначає перспективи та пріоритетні напрями розвитку у сфері інформаційної безпеки України;

3) разом із Міністерством закордонних справ України сприяє популяризації та формуванню позитивного іміджу України у світових інформаційних ресурсах та національних інформаційних ресурсах іноземних держав з метою захисту її політичних, економічних та соціально-культурних інтересів, зміцнення національної безпеки і відновлення територіальної цілісності України [19].

Міністерство оборони України, а також сили оборони в межах компетенції забезпечують: 1) моніторинг інформаційного простору (аналіз та виявлення інформаційних загроз національній безпеці в сфері оборони, зокрема у воєнній сфері); 2) підготовка та проведення інформаційних заходів (розробка та координація заходів із забезпечення інформаційної безпеки держави, залучення суб'єктів забезпечення національної безпеки); 3) розвиток системи стратегічних комунікацій (створення та удосконалення системи передачі стратегічних повідомлень та комунікацій для сил оборони); 4) забезпечення інформаційної безпеки в сфері оборони (здійснення заходів щодо правового, організаційного, технічного та іншого характеру для забезпечення інформаційної безпеки, включаючи захист інформаційного середовища та зв'язків у військових частинах та дислокаційних місцях); 5) зв'язки з ЗМІ (взаємодія з українськими та іноземними ЗМІ для висвітлення ситуації та подій, пов'язаних із заходами національної безпеки та оборони, зокрема у зоні збройного конфлікту з Російською Федерацією); 6) протидія інформаційним операціям (заходи для запобігання та стримування інформаційних операцій, спрямованих проти Збройних Сил та інших військових формувань України); 7) достовірна інформація для військовослужбовців (передача достовірної інформації військовослужбовцям Збройних Сил України та іншим складовим сил оборони) [19].

Ключовими учасниками у системі стратегічних комунікацій Міністерства оборони та Збройних Сил України є керівництво, прес-секретар, помічник начальника Генерального штабу, а також ряд структурних підрозділів, таких як Управління комунікацій та преси, Управління інформаційних технологій, відділ

стратегічних комунікацій, управління зав'язків з громадськістю, відділ координації стратегічних комунікацій та моніторингу, та інші [20].

Функції Управління комунікацій та преси полягають у впровадженні державної інформаційної політики в структурах Міністерства оборони та Збройних Сил України, організації інформаційно-роз'яснювальної діяльності для підвищення престижу військової служби, формування позитивної громадської думки щодо Збройних Сил, а також виконання завдань в інформаційній сфері. Це включає забезпечення ефективного функціонування системи інформування громадськості та взаємодію із засобами масової інформації [21].

СБУ комплексно забезпечує контррозвідувальний захист інформаційної та кібернетичної безпеки держави, зокрема здійснює моніторинг інформаційного простору за допомогою спеціальних методів і засобів, як вітчизняних, так і зарубіжних ЗМІ та Інтернету, спрямований на виявлення потенційних загроз національній безпеці України в інформаційній сфері. Паралельно, відбувається протидія проведенню спеціальних інформаційних операцій проти України, спрямованих на підрив конституційного ладу, порушення суверенітету і територіальної цілісності, а також на загострення суспільно-політичної та соціально-економічної ситуації у країні [22, с. 655].

Розвідувальні органи України у процесі провадження розвідувальної діяльності мають сприяти реалізації та захисту національних інтересів України в інформаційній сфері за кордоном, здійснювати виявлення та протидію зовнішнім інформаційним загрозам у сфері безпеки та оборони держави. Національна рада України з питань телебачення і радіомовлення відповідно до компетенції бере участь у забезпеченні захисту українського інформаційного простору від пропагандистської аудіовізуальної продукції держави-агресора, сприяє розповсюдженню українського телерадіомовлення на тимчасово окупованих територіях України [23].

Верховна Рада України, як орган законодавчої влади, активно сприяє забезпеченню інформаційної безпеки держави через прийняття та

вдосконалення законодавчих актів, що регулюють інформаційну політику та здійснення заходів національної безпеки в інформаційному просторі.

Органи прокуратури України реалізують свої повноваження в сфері інформаційної безпеки відповідно до норм Конституції України та відповідних законодавчих актів. Здійснюють контроль з дотримання чинного законодавства у сфері інформаційної безпеки, сприяючи таким чином забезпеченню цілісності та безпеки інформаційного простору України відповідно до актуальних вимог та викликів цієї області [24, с. 487].

Міністерство культури та інформаційної політики України є головним органом в системі органів виконавчої влади з питань забезпечення інформаційного суверенітету держави, здійснює координацію з питань поширення суспільно важливої інформації в Україні та за її межами. Серед основних завдань Міністерства культури та інформаційної політики варто виділити саме моніторинг засобів масової інформації та ресурсів Інтернет мережі, зокрема щодо виявлення загроз у сфері інформаційної безпеки. Разом з Міністерством закордонних справ України сприяє у донесенні офіційної позиції держави до іноземних засобів масової інформації, формує пріоритет державної інформаційної політики на світовій арені. Він також відповідає за урядові та кризові комунікації, а також за впровадження стратегії інформаційного забезпечення процесу звільнення та реінтеграції тимчасово окупованих територій, розроблення та впровадження єдиних стандартів підготовки фахівців у сфері урядових комунікацій [25].

В свою чергу Міністерство закордонних справ здійснює формування та реалізація стратегії публічної та культурної дипломатії України; координація інформаційної діяльності державних органів у зовнішньополітичній сфері; забезпечення просування інтересів України за кордоном інформаційними засобами; забезпечення донесення позиції України до керівництва іноземних держав, парламентів та урядів, зовнішньополітичних відомств, представників бізнесу та експертних кіл, широкої громадськості, сприяння просуванню позитивного іміджу України; сприяння просуванню українських телеканалів у

кабельні та супутникові мережі за кордоном; забезпечення налагодження взаємодії з міжнародними партнерами як на двосторонній, так і на багатосторонній основі з метою застосування міжнародного досвіду та найкращих практик у контексті протидії інформаційним загрозам.

Національний інститут стратегічних досліджень здійснює науково-аналітичне та експертне супроводження процесу формування та реалізації державної інформаційної політики [26, с. 9].

Варто відзначити, що перелік суб'єктів, які можуть брати участь у проведенні політики інформаційного захисту фактично не є вичерпним, і він не обмежується органами державної влади чи місцевого самоврядування. Таким чином, суб'єктами процесу забезпечення інформаційної безпеки є не лише органи державної влади, але й недержавні суб'єкти, відповідно до нормативно-правових актів, які регулюють відносини у галузі інформаційної безпеки в державі. Розуміння інституційного механізму, незалежно від того, чи є воно широким, чи вузьким, не охоплює суттєвого суб'єкта забезпечення інформаційної безпеки - громадян України, обмежуючи коло учасників виключно державними та недержавними інституціями. Тому вважаємо, що термін «інституційний механізм інформаційної безпеки» є більш вузьким поняттям порівняно з терміном «суб'єкти забезпечення інформаційної безпеки» [27, с. 166].

Можна в упевненості констатувати факт, що на сьогодні вже існує впорядкована система суб'єктів, відповідальних за формування та втілення політики державної безпеки в інформаційній сфері. Проте, ця система потребує оптимізації взаємодії, ретельного контролю за кількістю та функціями кожного її елементу для уникнення дублювання обов'язків. Додатково, є необхідність вдосконалити механізм взаємодії суб'єктів, зокрема, у сферах розвитку електронного урядування та автоматизації процедур для підвищення ефективності цієї системи.

Розглянувши доктринальний та легальний підходи щодо визначення поняття «інформаційна безпека» та визначивши суб'єктів забезпечення

інформаційної безпеки держави, пропонуємо визначити основні види інформаційної безпеки в контексті збройної агресії Російської Федерації та гібридної кібернетичної війни. Перш за все, пропонуємо розглядати інформаційні загрози на трьох рівнях, зокрема на державному, соціальному та глобальному.

Кібератаки та кібершпигунство. Сьогодні різноманітного роду державні та недержавні організації все частіше здійснюють кібератаки об'єктами яких стає державний сектор. Росія намагається зруйнувати українську енергетику не лише ракетами та дронами, а й кібератаками, про що свідчать дослідження американської Mandiant, дочірньої структури Google, що спеціалізується на кібербезпеці. Зокрема, Mandiant дослідила дві атаки 10 і 12 жовтня 2022 року, коли російське хакерське угруповання Sandworm скористалося вразливостями системи управління підстанціями SCADA в Україні. Атака могла призвести до відключення підстанції та вимкнення електрики, припускають дослідники. Саме 10 жовтня Росія вперше масовано обстріляла українську енергосистему, у тому числі регіон, де відбувалася кібератака, за даними дослідників Mandiant [28].

Варто зауважити що в другому півріччі 2022 року було зареєстровано 342 кібератаки, у середньому 57 зареєстрованих інцидентів на місяць та 1-2 на добу. При цьому за 6 місяців у першому півріччі 2023 року зареєстрованих кібератак вже було 762, у середньому 128 на місяць та 4-5 на добу. Водночас кількість критичних кібератак за цей період зменшилася на 81% — до 27 критичних інцидентів, що свідчить про покращення захисту [29].

У сучасних умовах кібератаки лишаються першочерговою загрозою інформаційній безпеці нашої держави, особливо в умовах військового стану та гібридної війни. Враховуючи тенденції, можна висловити припущення, що зі зменшенням активної фази на військовій арені, кібернетична війна, навпаки, буде набирати обертів.

Ще однією серйозною загрозою для інформаційної безпеки є кібершпигунство. Група урядового реагування на комп'ютерні надзвичайні

події в Україні, представлена в складі Державної служби спеціального зв'язку та захисту інформації України (CERT-UA), акцентує на тривалому характері кібершпигунства, спрямованого на державні організації та редакторів українських медіа.

Ця проблема стає найбільш актуальною в контексті сучасних конфліктів, адже кіберпростір виступає суттєвою ареною для проведення кібероперацій, спрямованих на отримання конфіденційної інформації та вплив на громадську думку [30].

Хочемо зупинитися на найнебезпечніших кіберзагрозах, об'єктом яких сьогодні все частіше стає наша держава. Першою загрозою, яку ми хочемо виділити – це кібератаки на об'єкти критичної інфраструктури.

Існує багато трактувань поняття «критична інфраструктура», зокрема у відображенні національних, економічних, політичних чи культурних тенденцій, потреб та інтересів. Водночас, загальні риси усіх цих трактувань, включають в собі ідею про те, що інфраструктури у загальному вигляді є засобами загального призначення для різних видів людської діяльності. Загальні риси всіх цих визначень включають зокрема економічної діяльності, але також і для дій, необхідних для захисту безпеки та здоров'я громадян. Варто зауважити, що сьогодні всі системи, які входять до критичної інфраструктури, засновані інформаційно-телекомунікаційних технологіях і є неоднаково чутливими до кібератак. Наприклад, лікарні та телекомунікаційні системи, енергетика, банківська та фінансовий сектори, а також поштовий сектор – усі вони у тій чи іншій мірі покладаються на кіберінфраструктуру, що робить їх очевидними цілями для кіберзлочинців.

Кібератаки на об'єкти критичної інфраструктури сьогодні можна порівняти з тероризмом в кібернетичному просторі. Наслідками таких атак, можуть бути втрата стратегічної інформації, викрадення даних клієнтів банківських установ, відключення електропостачання на підприємствах, установах, організація, тощо.

Напевно, найпоширеніший вид кібератак на державну критичну інфраструктуру є DDoS атаки. DDoS атаки представляють собою атаки на комп'ютерні системи органу, організації, установи з метою порушення доступності атакованих вебресурсів. Зазвичай DDoS-атаки здійснюють із метою поширення паніки та дестабілізації. Іноді використовують для приховування деструктивних дій, тобто коли DDoS-атака слугує прикриттям атаки іншого виду. Проте самі DDoS-атаки загрози для персональних даних громадян не становлять. Варто знати, що для проведення DDoS-атак хакери часто використовують зламані пристрої людей. Тому важливо дотримуватися основних правил кібергігієни, користуватися антивірусами, оновлювати вчасно програмне забезпечення тощо [31].

Водночас, на спільному брифінгу Мінцифри, РНБО, НКЦК, Держспецзв'язку, СБУ, НБУ та Кіберполіції було повідомлено, що 15 лютого Україна відбила найбільшу в історії країни DDoS-атаку, що була спрямована на банківський сектор, офіційні сайти органів влади, енергетичний блок та портал Дія [32].

Загроза кібератак на інфраструктуру держави здатна мотивувати її до розширення кібер-можливостей. На жаль, деякі контрзаходи з боку держави не ведуть до безпосереднього посилення кіберзахисту країни, а скоріше сприяють слідчим можливостям. Посадові особи держави можуть визнати, що існують структурні обмеження, які перешкоджають покращенню кіберзахисту деяких критично важливих інфраструктур ступеня, необхідного для цілей національної безпеки. Зазначимо, що ці обмеження зумовлені існуючою мережею інформаційно-телекомунікаційних систем управління, яка є «унікальним середовищем, що поєднує великомасштабні, географічно розподілені, застарілі та власні компоненти системи» [33].

Варто зауважити, що об'єктом кібератак стають не лише державні інфраструктурні об'єкти, але й звичайні люди. Пропорційно підвищенню кількості кібератак на державний сектор, збільшилися і кібератаки на громадян України. За даними Департаменту кіберполіції Національної поліції України за

2022 рік було зареєстровано близько 2 300 тис. справ в ЄРДР, та повідомлено про підозру близько 1 000 тис. осіб. Водночас, поступило близько 62 000 тис. звернень громадян про їх порушені права та свободи в рамках кіберпростору [34].

Згідно даних Державної служби спеціального зв'язку та захисту інформаційні, лише за перший квартал 2023 року було зареєстровано 762 кіберінцидентів об'єктом яких виступала критична інфраструктура держави. Зазначається, що в другому півріччі 2022 року було зареєстровано 342 кібератаки, у середньому 57 зареєстрованих інцидентів на місяць та 1-2 на добу. При цьому за 6 місяців у першому півріччі 2023 року зареєстрованих кібератак вже було 762, у середньому 128 на місяць та 4-5 на добу [35].

Стратегічні пріоритети України та інших країн націлені на захист критично важливої інфраструктури, яка стикається з різними загрозами, включаючи кіберзагрози. З урахуванням широкого застосування інформаційно-телекомунікаційних технологій у різних секторах промисловості та економіки розробка систем і підходів у сфері кібербезпеки є однією з пріоритетних областей і вимагає постійного вдосконалення враховуючи постійне з'явлення нових типів кіберзагроз. З цієї причини важливим аспектом розроблених рішень є оновлення інформації про існуючі типи кіберзагроз, а також дані щодо їх усунення та підтримку поточного рівня кіберзахисту внутрішньої інфраструктури. Проблема кібербезпеки відіграє ключову роль, оскільки внутрішня інформаційна інфраструктура містить велику кількість структурованих і неструктурованих даних, які вимагають значних ресурсів для захисту об'єктів від кіберзагроз.

Отже, оскільки державна інформаційна політика спрямована на захист інформаційного середовища від інформаційно-комунікаційних викликів та загроз, забезпечення інформаційної безпеки стає ключовим елементом національної безпеки країни. В контексті цього завдання важливо акцентувати увагу на посиленні участі органів державної влади у вирішенні питань,

пов'язаних з інформатизацією суспільства, а також на належній інтеграції українського інформаційного простору в європейський.

Захист і протидія загрозам інформаційної безпеки України стає надзвичайно актуальним в контексті останніх років та повномасштабного вторгнення окупаційних військ країни-агресора на територію незалежної держави. Спроби країни-агресора переконати світову спільноту в тому, що в Україні відбувається громадське протистояння, і тому вона розгортає проти українського населення не лише військовий, але й інформаційний фронт, підкреслює актуальність цього завдання. Російська Федерація зазнає неуспіхів як на військовому, так і на інформаційному фронті.

Враховуючи це, державна влада України повинна вкладати значні зусилля в забезпечення захисту своїх громадян, суспільства та держави в цілому, з метою запобігання будь-яким проявам неправдивої інформації в українських ЗМІ.

РОЗДІЛ 2. ЕКОНОМІКО-МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ВПЛИВУ ЦИФРОВІЗАЦІЇ СУСПІЛЬНИХ ВІДНОСИН НА ІНДИКАТОРИ СОЦІАЛЬНО-ЕКОНОМІЧНОГО РОЗВИТКУ КРАЇНИ

2.1 Концептуальні засади дослідження впливу цифровізації на індикатори соціального розвитку країни: європейський досвід та українська практика

Стрімка цифровізація всіх сфер суспільного життя та галузей економіки є ключовою тенденцією сучасності. Цифрові технології глибоко перетворюють соціально-трудова відносини, змінюючи парадигму зайнятості та безробіття. Нинішні зміни в економічних структурах, трансформації у змісті та організації праці, розмиття відмінностей між зайнятим та незайнятим населенням, а також динамічні зміни в структурі трудової активності впливають на соціальний розвиток та ринок праці, представляючи складні та неоднозначні тенденції.

Вплив цифровізації на соціальний розвиток є значущим та багатограним, здатним суттєво змінити різні аспекти суспільства (рисунок 2.1).

Таким чином, цифровізація може сприяти вирішенню соціальних проблем, зокрема в частині підвищення якості освіти, комунікацій, прозорості та ефективності діяльності уряду (електронний уряд: система електронних регламентів та реєстрацій).

На сьогоднішній день цифровізація визначає нову парадигму соціального розвитку, з точки зору її інтерактивності, доступності, та ефективності, але водночас ставлячи нові виклики перед суспільством, що проявляються як на макро, так і на мікрорівні.



Рисунок 2.1 – Можливі напрями позитивного впливу цифровізації на соціальний розвиток суспільства

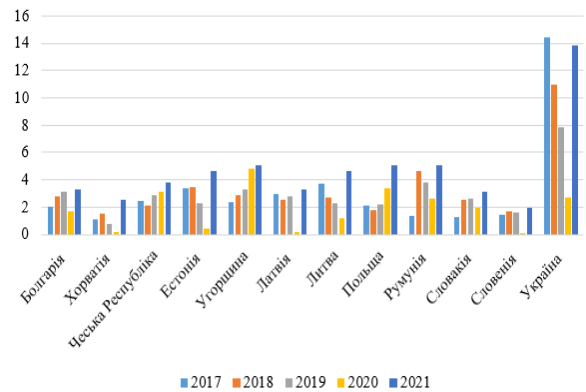
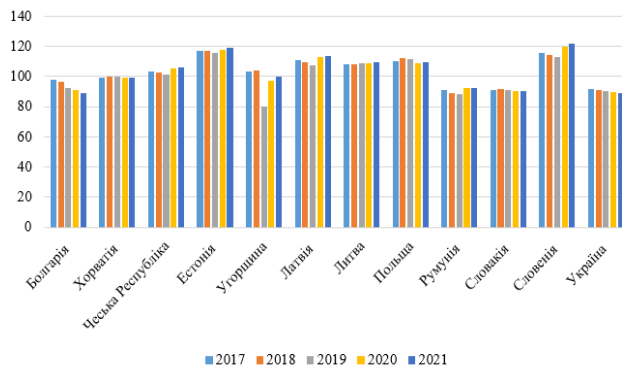
Аналіз літературних джерел свідчить про те, що на мікрорівні дослідники виділяють соціальні загрози, що з'являються внаслідок цифрових трансформацій у соціальній сфері, зокрема залежність людини від інтернет-технологій, що визнана доказовою медициною як складний патологічний стан здоров'я, який характеризується втратою зв'язків з реальним світом, залежності

від віртуального оточення та соціальних мереж, здатності впливати на свідомість та дії користувача інтернету. Окрім того, масова цифровізація призводить до порушення когнітивних здібностей та ослаблення розумової активності особи через активне використання гаджетів та пошукових систем в Інтернеті; а також до погіршення ментального здоров'я через легкий доступ до контенту, що носить насильницький характер [36]. Серед негативних тенденцій цифровізації необхідно виділити також загрози зростання безробіття та соціального розшарування населення; появи небезпеки втрати особистої інформації та фінансових ресурсів як наслідок кіберзлочинності чи низького рівня цифрової грамотності.

Європейські дослідники акцентують увагу також на соціальних загрозах, що пов'язані із соціальним життям людей, зокрема: відмовою від оффлайн спілкування внаслідок використання інтернет ресурсів, соціальна ізоляція, зловмисна соціальна поведінка в Інтернеті – кібердомагання, кіберпереслідування, кібер-залякування тощо [37]. Всі ці загрози можуть стати причиною соціальної деструкції людини.

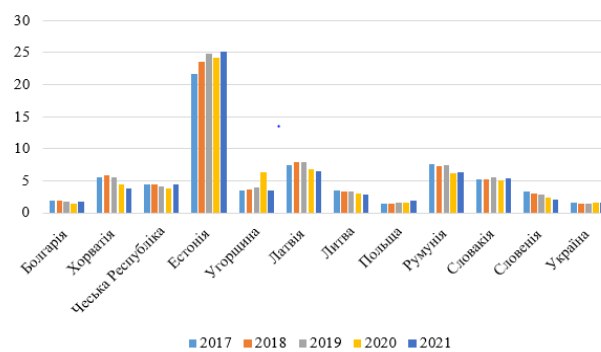
Слід відмітити, що причиною виникнення соціальних загроз є той факт, що під впливом цифровізації ринки праці практично всіх без винятку країн відчувають на собі серйозний тиск, пов'язаний із невикористанням людського капіталу внаслідок не лише зростання безробіття, але й масштабного поширення неповної зайнятості та незайнятості [38].

Важливим показником соціального розвитку є рівень освіченості населення. Як свідчать дані, наведені на рисунку 2.2 питома вага населення, яка має повну середню освіту наближається до 100 %, що свідчить про достатній рівень розвитку та доступності освіти для населення зазначених країн.



в) частка населення, яка має повну середню освіту, %

г) рівень інфляції, %



д) нові суб'єкти господарювання (на 1000 осіб віком 15–64 роки)

Рисунок 2.2 – Динаміка показників, що характеризують соціальний розвиток в розрізі країн Європи та України за період 2017-2021 рр.

Аналізуючи динаміку рівня інфляції в європейських країнах, варто відмітити що середнє значення даного показника становить 2,57 %. При цьому жодна з країн за даним індикатором не пододала 5 % бар'єр, що свідчить про ефективну економічну політику, що реалізується. В Україні відмічається суттєве зростання рівня інфляції, станом на кінець 2021 р. даний показник досяг рівня 13,87 %.

Створення нових суб'єктів господарювання супроводжується появою нових робочих місць і, як наслідок, зниження рівня безробіття у відповідній галузі, регіоні та в країні в цілому. Так, як свідчать дані, наведені на рисунку 2.2, лідером за показником створення нових суб'єктів господарювання є

Естонія. Найменший розвиток підприємницької діяльності демонструють Болгарія, Польща та Україна.

На сьогоднішній день відсутні однозначні прогнози щодо подальшого впливу цифровізації на ринок праці.

Так, окремі автори зазначають, що зростання рівня безробіття є не тільки показником економічної нестабільності, а й однією з ключових соціально-економічних проблем сучасного світу. Зниження джерел доходів як наслідок безробіття призводить до скорочення споживання та зниження якості життя населення. Безробіття виступає фактором, що призводить до зuboжіння населення, гальмує економічний прогрес, стає реальною перешкодою до стійкого соціально-економічного розвитку країни.

Цифровізація економічних процесів та її наслідки зумовлюють нові тренди у сфері зайнятості та можуть стати причиною не тільки скорочення попиту на працю, але й зниження потреби в професійних знаннях, результатом чого може стати розрив зв'язку між ринком праці та системою освіти [39].

Проте, дані глобальних досліджень, свідчать про наявність також і позитивного впливу розвитку цифрової економіки на робочі місця. Відповідно до оцінок компанії McKinsey, одне нове робоче місце в секторі ІКТ стимулює створення 2-4 додаткових робочих місць в економіці в цілому. За оцінками компанії PWC, зростання цифровізації на 10% знижує рівень безробіття на 0,84% [40].

Згідно з розрахунками групи Світового банку, за швидкого поширення ШСД у країнах ЄАЕС до 2025р. можливе створення 2-4 млн. нових робочих місць, 1 млн. з яких може бути створений у сфері ІКТ [40].

Так, відповідно до попередніх підрахунків Федерального статистичного управління Німеччини (Federal Statistical Office, Destatis) у 2019 р. у середньому за рік працювали приблизно 45,3 млн. осіб. Число зайнятих у 2019 р. було вищим на 402 тис., або 0,9%, ніж у 2018 р. У 2018 р. відповідний приріст склав 1,4%. Тобто відбувалося постійне зростання зайнятості [40].

Докладний аналіз економіки Франції за останні 15 років також показав, що на 500 тис. вивільнених унаслідок цифровізації робочих місць додатково створено 1,2 млн. робочих місць [40].

Враховуючи вищезазначене, одним із основних чинників, що дозволять забезпечити зменшення негативного впливу цифрових трансформацій на ринок праці, є вмотивованість і гнучкість працівників та працедавців в умовах цифровізації економіки. Основними напрямками зменшення негативних наслідків соціального ризику в короткостроковому періоді є постійний та моніторинг та прогнозуванням нових тенденцій на ринку праці; в середньостроковому – інвестування в набуття цифрових навичок працівниками; в довгостроковому – орієнтація працівників на постійне удосконалення знань та умінь в сфері цифрових технологій.

Основними індикаторами, що характеризують ринок праці виступають показники рівня безробіття та рівня зайнятості населення. В цілому безробіття – це соціально-економічна ситуація в суспільстві, за якої частина активних працездатних громадян не може знайти роботу, яку вони здатні виконувати, що обумовлена переважанням пропозиції праці над попитом на неї [41].

Відповідно до Закону України «Про зайнятість населення» безробітними визнається особа віком від 15 до 70 років, яка через відсутність роботи не має заробітку або інших передбачених законодавством доходів як джерела існування, готова та здатна приступити до роботи [42]. Міжнародна організація праці визначає безробітними тих, хто відповідає наступним критеріям: вік від 15 до 74 років; відсутність роботи; готовність розпочати працю протягом двох тижнів; активні спроби працевлаштуватися протягом чотирьох тижнів. Рівень безробіття визначається у відсотках шляхом зіставлення кількості безробітних та загальної чисельності економічно активного працездатного населення країни.

В свою чергу, зайнятість населення представляє собою узагальнену характеристику рівня економічного розвитку, а також внесок живої праці в забезпечення зростання виробництва. Рівень зайнятості визначають як

відношення (у відсотках) кількості зайнятого населення віком 15 років і старше до всього населення зазначеного віку чи населення відповідної соціально-демографічної групи.

Динаміка показників, що характеризують стан ринку праці розрізі країн Європи та України за період 2017-2021 рр. узагальнена на рис. 2.3.

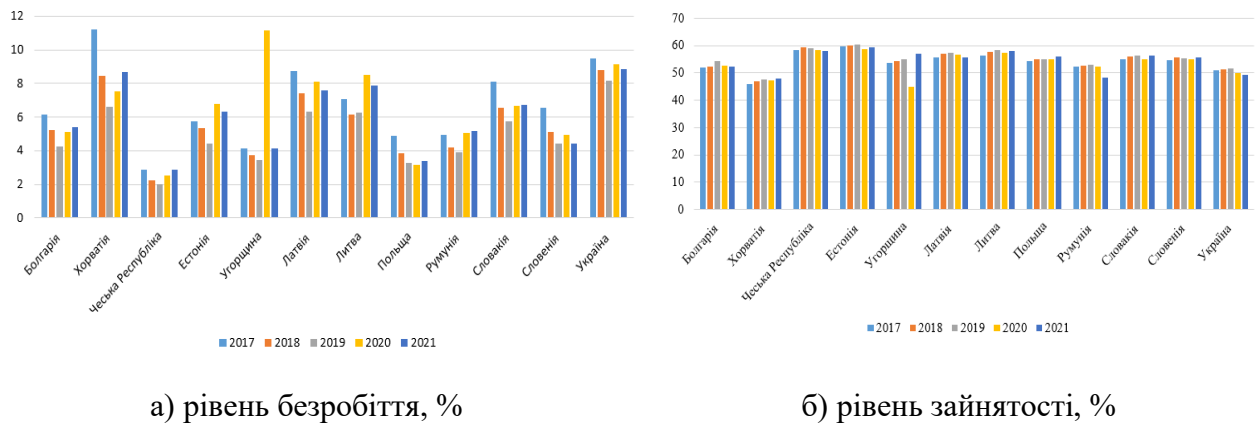


Рисунок 2.3 – Динаміка показників, що характеризують стан ринку праці розрізі країн Європи та України за період 2017-2021 рр.

Як засвідчують наведені на рис. 2.3 дані, найнижчий рівень безробіття серед країн ЄС відмічається в Чеській республіці. Протягом останніх п'яти років даний показник коливається 2,01 % до 2,89 %. При цьому слід відмітити, що середнє значення рівня безробіття серед європейських країн, що обрані для дослідження, становить 5,84 %. Досить високими показниками рівня безробіття серед аналізованих країн характеризуються такі країни як: Греція, Латвія та Литва. За даними 2017 р. рівень безробіття в Греції сягнув свого максимуму і склав 11,21 %, що, перш за все, обумовлено наслідками економічної кризи в країні. Що стосується України, то середнє значення даного показника за досліджуваний період становить 8,9 %, що в порівнянні з іншими європейськими країнами є досить високим. Проте, на відміну від розвинених країн, високий рівень безробіття в Україні обумовлений наявністю тіньової економіки, частина працюючих офіційно не зареєстровані та не є платниками

податків. Це унеможливило здійснити коректний обрахунок рівня безробіття в країні.

Аналіз рівня зайнятості засвідчує, що в переважній більшості країн, що обрано для дослідження, даний показник перевищує 50 %. Найвищі показники зайнятості населення протягом 2017-2021 рр. відмічаються в Естонії та коливаються від 58,66 % до 60,31 % та Чеській республіці – від 58,09 % до 59,2 %. Найнижчий рівень зайнятості населення в Греції, де протягом аналізованого періоду даний показник не перевищує 50 %. Що стосується України, то за період 2020-2021 рр. спостерігається суттєве зниження даного показника і на кінець 2021 р. рівень зайнятості населення в країні склав 49,27 %.

На нашу думку, для оцінки рівня цифровізації доцільно проаналізувати ряд відносних та абсолютних показників: питома вага експорту та імпорту товарів, послуг пов'язаних із цифровізацією та інформаційно-комунікаційного характеру, частка державних витрат спрямована на розвиток і дослідження, частка населення, що користується інтернетом, експорт високих технологій, патентні аплікації в розрізі резидентів та нерезидентів країни, кількість дослідників в напрямку розвитку і дослідження.

В таблиці 2.1 представлено динаміку відносних показників розвитку цифровізації у розрізі країн ЄС та України за період 2017-2021 рр.

Таблиця 2.1 – Динаміка відносних показників розвитку цифровізації у розрізі країн ЄС та України за період 2017-2021 рр.

Країна	Рік										Відхилення 2021р. до 2017, +/-	
	2017		2018		2019		2020		2021			
товари пов'язані із цифровізацією, %												
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
	екс	імп.	екс	імп.	екс	імп.	екс	імп.	екс	імп.	екс	імп.
Болгарія	27,8	25,0	30,4	27,1	35,4	30,2	49,9	40,3	50,6	37,4	22,8	12,3
Хорватія	20,3	45,4	21,6	45,8	22,1	45,6	35,8	57,1	27,4	55,7	7,1	10,3
Чеська Республіка	48,3	47,8	48,3	48,2	50,6	49,2	58,8	52,8	61,5	53,4	13,2	5,6
Естонія	45,2	38,3	46,8	39,4	49,0	40,0	62,9	65,8	64,4	62,2	19,2	23,9
Угорщина	51,3	60,0	50,7	58,3	48,9	59,5	60,2	65,6	58,0	62,3	6,7	2,3
Латвія	34,2	38,4	37,5	42,5	41,7	44,1	53,0	51,9	54,6	53,2	20,4	14,8

Продовження таблиці 2.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Литва	26,2	26,3	25,2	26,5	28,0	29,7	30,5	35,3	36,3	36,1	10,1	9,9
Польща	49,8	51,7	50,9	52,2	51,0	53,1	57,2	60,1	57,1	57,5	7,3	5,9
Румунія	56,5	50,7	57,3	48,9	57,2	49,0	64,6	59,2	61,3	53,4	4,9	2,6
Словакія	42,1	44,9	43,4	44,6	43,5	45,2	52,5	51,1	52,5	48,4	10,5	3,5
Словенія	34,6	48,3	34,6	48,9	35,9	49,4	46,0	57,5	45,2	52,7	10,7	4,4
Україна	48,4	25,6	52,3	26,0	53,9	25,6	64,1	34,5	68,3	31,5	19,9	5,9
послуги пов'язані із цифровізацією, %												
	екс	імп.	екс	імп.	екс	імп.	екс	імп.	екс	імп.	екс	імп.
Болгарія	27,8	25,0	30,4	27,1	35,3	30,1	49,9	40,2	50,5	37,3	22,8	12,3
Хорватія	20,3	44,9	21,6	45,4	22,1	45,2	35,8	56,6	27,4	55,3	7,1	10,4
Чеська Республіка	48,2	47,7	48,2	48,1	50,5	49,1	58,8	52,7	61,5	53,2	13,2	5,6
Естонія	44,9	37,9	46,4	39,1	48,7	39,6	62,6	65,6	64,1	62,1	19,2	24,2
Угорщина	51,1	59,6	50,5	58,0	48,7	59,2	60,0	65,1	57,7	62,0	6,7	2,4
Латвія	33,7	38,2	37,0	42,2	41,3	43,7	52,7	51,6	54,3	53,0	20,6	14,9
Литва	25,7	25,2	24,7	25,6	27,6	28,9	30,2	34,5	36,1	35,6	10,4	10,4
Польща	49,7	51,5	50,6	52,1	50,9	53,0	57,0	59,9	57,0	57,4	7,3	5,9
Румунія	56,4	50,5	57,3	48,9	57,2	48,8	64,6	59,1	61,3	53,2	4,9	2,7
Словакія	41,8	44,8	43,1	44,5	43,4	45,2	52,4	51,1	52,4	48,4	10,5	3,6
Словенія	34,5	47,6	34,5	48,1	35,8	48,7	45,9	56,8	45,2	52,0	10,7	4,5
Україна	47,3	20,1	51,3	22,3	53,1	21,6	63,4	27,8	67,7	26,2	20,4	6,1
товари інформаційно-комунікаційного характеру												
	екс	імп.	екс	імп.	екс	імп.	екс	імп.	екс	імп.	екс	імп.
Болгарія	2,8	4,9	3,3	5,1	3,2	5,2	3,4	5,7	3,3	5,7	0,6	0,9
Хорватія	2,5	5,0	2,3	4,8	2,3	4,9	2,5	5,2	2,0	5,2	-0,5	-0,3
Чеська Республіка	13,3	15,3	15,1	16,3	16,2	17,4	18,0	20,1	15,5	20,1	2,2	1,6
Естонія	9,3	9,4	8,5	8,5	7,6	7,5	9,6	7,7	9,8	7,7	0,5	-1,8
Угорщина	11,2	12,6	11,3	12,5	12,8	13,8	13,1	14,0	12,3	14,0	1,1	0,5
Латвія	9,2	9,3	8,4	8,2	8,9	8,6	10,9	10,8	8,9	10,8	-0,3	-0,3
Литва	4,1	5,8	3,5	4,9	3,4	5,1	3,9	6,2	3,4	6,2	-0,7	-0,1
Польща	6,9	9,1	6,9	8,5	6,6	8,4	7,2	10,1	6,8	10,1	-0,1	0,3
Румунія	3,0	7,1	2,9	7,1	3,2	7,1	3,3	7,7	3,0	7,7	0,0	0,1
Словакія	16,6	15,1	14,3	13,7	13,3	13,2	12,9	13,2	12,0	13,2	-4,5	-2,7
Словенія	1,8	3,9	1,6	3,7	1,8	3,4	1,8	3,8	2,1	3,8	0,2	0,5
Україна	0,9	5,1	1,0	5,8	0,8	6,6	0,7	6,0	0,7	6,0	-0,3	0,2
частка населення, що користується інтернетом, %												
Болгарія	63,4		64,8		68,0		70,2		75,3		11,9	
Хорватія	67,1		75,3		79,1		78,3		81,3		14,2	
Чеська Республіка	78,7		80,7		80,9		81,3		82,7		4,0	
Естонія	88,1		89,4		90,2		89,1		91,0		2,9	
Угорщина	76,8		76,1		80,4		84,8		88,6		11,9	
Латвія	80,1		83,6		86,1		88,9		91,2		11,1	
Литва	77,6		79,7		81,6		83,1		86,9		9,3	
Польща	76,0		77,5		80,4		83,2		85,4		9,4	

Продовження таблиці 2.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Румунія	63,8		70,7		73,7		78,5		83,6		19,8	
Словачія	81,6		80,5		82,9		89,9		88,9		7,3	
Словенія	78,9		79,8		83,1		86,6		89,0		10,1	
Україна	58,9		62,6		70,1		75,0		79,2		20,3	
частка державних витрат спрямована на розвиток і дослідження, %												
Болгарія	0,74		0,75		0,83		0,85		0,77		0,03	
Хорватія	0,85		0,95		1,08		1,24		1,24		0,39	
Чеська Республіка	1,77		1,90		1,93		1,99		2,00		0,23	
Естонія	1,28		1,41		1,63		1,75		1,75		0,47	
Угорщина	1,32		1,51		1,47		1,59		1,64		0,32	
Латвія	0,51		0,64		0,64		0,73		0,74		0,23	
Литва	0,90		0,94		0,99		1,13		1,11		0,21	
Польща	1,04		1,21		1,32		1,39		1,44		0,40	
Румунія	0,51		0,50		0,48		0,47		0,47		-0,04	
Словачія	0,88		0,84		0,82		0,90		0,92		0,04	
Словенія	1,87		1,95		2,04		2,14		2,13		0,26	
Україна	0,45		0,47		0,43		0,40		0,29		-0,16	

Так, дані наведені в таблиці 2.1 засвідчують, що країни, які обрані для дослідження, ведуть активну торгівлю товарами та послугами пов'язаними із цифровізацією та інформаційно-комунікаційного характеру. При цьому експорт таких товарів та послуг за переважною більшістю країн перевищує їх імпорт. Порівнюючи динаміку даних показників варто відмітити, що за всіма показниками відмічаються тенденції зростання, що є свідченням зацікавленості в цифрових інструментах, програмному забезпеченні та інших товарах та послугах що сприяють розвитку цифровізації в країні. Про стрімкий розвиток цифровізації населення, оволодіння цифровою грамотністю свідчать і показники питомої ваги населення, яка користується інтернетом. Середнє значення даного показника серед країн Європейського Союзу та України досягло рівня 80 %. Проте частка державного фінансування розвитку розвитку і дослідження серед обраних для дослідження країн дещо відрізняється. Середнє значення питомої ваги фінансової підтримки розвитку та дослідження серед представлених країн становить 1,13%. Найвищий рівень державних

витрат, спрямованих на розвиток і дослідження, за даними 2021 р. відмічається в Словенії (2,13%) та Чеській республіці (2%), а найнижчий – в Україні (0,23%).

Для моделювання впливу цифровізації суспільства на соціальний розвиток та зайнятість населення країн ЄС та України використовуватимуться такі методи дослідження (метод головних компонент під час виявлення найбільш впливових показників, панельне регресійне моделювання під час виявлення функціональних залежностей між досліджуваними показниками).

Метод головних компонент більшість науковців трактували як різновид факторного аналізу, серед яких: К. Пірсон (вперше розроблений у 1901 році) [43], Г. Хотеллінг [44], М. Фречет [45] та інші. На сьогодні зазначений інструмент відносять до групи самостійних статистико-математичних методів багатовимірної аналізу даних [46, 47, 36]. Варто зазначити, що іноді метод головних компонент називають перетворенням Хотеллінга.

Метод головних компонент вважається типом факторного аналізу, оскільки він має деякі фундаментальні подібності з традиційними методами факторного аналізу. Першочергово, обидва методи спрямовані на зменшення розмірності набору даних шляхом виявлення базових закономірностей або прихованих факторів, які пояснюють спостережувану мінливість даних.

Серед основних причин, чому метод головних компонент вважається типом факторного аналізу, можна виділити такі:

- загальна мета - зменшення розмірності набору даних;
- лінійне перетворення змінних, метою якого є пошук набору факторів або компонентів, які найкраще пояснюють дисперсію в даних;
- пояснення мінливості даних: головні компоненти представляють напрямки в просторі ознак, які фіксують максимальну дисперсію;
- розкладання власних значень: обчислення головних компонентів передбачає виконання розкладання власних значень коваріаційної матриці вихідних змінних.

Таким чином, метод головних компонентів вважається типом факторного аналізу через їх спільну мету зменшення розмірності та основні математичні принципи, що залучені до фіксації та пояснення дисперсії в наборі даних.

Панельні дані структуровані шляхом компіляції інформації від різних об'єктів, які спостерігалися протягом послідовних періодів часу. Композиція зазвичай включає три виміри: об'єкти (перехресний вимір), періоди часу (часовий вимір) і значення вимірюваних змінні.

Перевага панельних даних полягає в їх здатності контролювати неспостережувану неоднорідність. Крім того, панельні дані пропонують вищу статистичну потужність і ефективність порівняно з автономними часовими рядами або перехресними даними. Включення в нього індивідуально-специфічних характеристик, статичних або змінних між суб'єктами, підвищує точність економетричних моделей і емпіричних аналізів.

Для аналізу панельних даних використовують моделі наскрізної регресії, регресії з детермінованими індивідуальними ефектами і модель з випадковим індивідуальним ефектом.

Регресійна модель з детермінованими індивідуальними ефектами (фіксованими ефектами) - це статистична модель, яка використовується в аналізі панельних даних для вивчення взаємозв'язків між змінними, враховуючи унікальні характеристики кожної окремої одиниці (спостереження) в наборі даних. Основна ідея моделі з фіксованими ефектами полягає в тому, що вона включає дані змінні (індикатори) для кожної окремої одиниці або суб'єкта дослідження в панельних даних. Ці змінні називаються фіксованими ефектами або індивідуальними змінними. Врахування фіксованих ефектів означає, що модель містить окрему константу для кожної одиниці дослідження, враховуючи тим самим унікальні властивості, які можуть бути постійними в часі для кожного об'єкта. Це дозволяє контролювати вплив неспостережуваних характеристик, що залишаються сталими впродовж усього періоду спостереження, або індивідуальні характеристики, що відрізняють одиниці дослідження одна від одної.

Наприклад, у простій моделі регресії з однією незалежною змінною X та однією залежною змінною Y , регресійна модель з фіксованими ефектами може мати вигляд (2.1).

$$Y_{it} = b_0 + b_i x_{it} + i + u_{it}, \quad (2.1)$$

де Y_{it} – значення залежної змінної для одиниці i у часовому періоді t ;

X_{it} – значення незалежної змінної для одиниці i у часовому періоді t ;

0 та 1 – параметри, які оцінюють вплив незалежної змінної на залежну;

i – фіксований ефект для кожної окремої одиниці i ;

u_{it} – випадкова помилка.

У дослідженні беруть участь 11 країн ЄС та Україна за період 2000-2021 років у розрізі наступних показників:

- рівень безробіття, % (Unemp);
- рівень зайнятості, % (Emp);
- частка населення, яка має повну середню освіту, % (Soc1);
- рівень інфляції, % (Soc2);
- нові суб'єкти господарювання (Soc3);
- експорт товарів пов'язаних із цифровізацією, % (cif1);
- імпорт товарів пов'язаних із цифровізацією, % (cif2);
- експорт послуг пов'язаних із цифровізацією, % (cif3);
- імпорт послуг пов'язаних із цифровізацією, % (cif4);
- експорт високих технологій, дол. (cif5);
- експорт товарів інформаційно-комунікаційного характеру, % (cif6);
- імпорт товарів інформаційно-комунікаційного характеру, % (cif7);
- експорт послуг інформаційно-комунікаційного характеру, % (cif8);
- імпорт послуг інформаційно-комунікаційного характеру, % (cif9);
- частка населення, що користується інтернетом, % (cif10);
- патентні аплікації нерезидентів країни, од. (cif11);
- патентні аплікації резидентів країни, од. (cif12);

- частка державних витрат спрямована на розвиток і дослідження, % (cif13);
- кількість дослідників в напрямку розвитку і дослідження (cif14).

За допомогою методу головних компонент необхідно відібрати найбільш впливові показники цифровізації. Власні значення компонент представлені в таблиці 2.2.

Таблиця 2.2 – Власні значення компонент

Компоненти	Власне значення	Дисперсія	Кумулятивна дисперсія
Comp1	5,38	0,38	0,38
Comp2	3,21	0,23	0,61
Comp3	1,47	0,10	0,72
Comp4	1,22	0,09	0,81
Comp5	1,14	0,08	0,89
Comp6	0,62	0,04	0,93
Comp7	0,39	0,03	0,96
Comp8	0,31	0,02	0,98
Comp9	0,10	0,01	0,99
Comp10	0,08	0,01	0,99
Comp11	0,06	0,00	1,00
Comp12	0,02	0,00	1,00
Comp13	0,00	0,00	1,00
Comp14	0,00	0,00	1,00

З огляду на значення власних значень компонент, перші чотири компоненти мають власні значення більше 1. Крім того, перші п'ять компонент описують 89% дисперсії, тому для відбору найбільш вагомих показників цифровізації буде використано дані чотири компоненти, а саме факторні навантаження відповідних показників, які є перевищують значення 0,4 (табл. 2.3).

Таблиця 2.3 – Факторні навантаження

Змінні	Comp1	Comp2	Comp3	Comp4	Comp5
1	2	3	4	5	6
cif1					
cif2					
cif3					
cif4					
cif5				0,4162	

Продовження таблиці 2.3

1	2	3	4	5	6
cif6					-0,4502
cif7					-0,4004
cif8					
cif9					
cif10			0,4701		
cif11					
cif12				0,4213	0,407
cif13					
cif14			0,4031		

Таким чином, для побудови регресійної моделі буде використано шість із чотирнадцяти показників цифровізації, відмічені в таблиці 2.2, в якості незалежних змінних, та показники соціального розвитку і зайнятості населення в якості залежних змінних. Результати панельного регресійного моделювання представлені на наступних рисунках (рис. 2.4-2.8).

R-squared:		Obs per group:			
Within = 0.2276		min =	8		
Between = 0.5085		avg =	14.1		
Overall = 0.3086		max =	15		
corr(u_i, X) = 0 (assumed)		Wald chi2(5) =	.		
		Prob > chi2 =	.		
Unemp	Coefficient	Std. err.	z	P> z	[95% conf. interval]
cif5	-7.11e-11	7.47e-11	-0.95	0.341	-2.18e-10 7.54e-11
cif6	.6133412	.1868768	3.28	0.001	.2470694 .979613
cif7	-.749296	.3009047	-2.49	0.013	-1.339058 -.1595337
cif10	-.0035449	.0229533	-0.15	0.877	-.0485326 .0414427
cif12	-.0003438	.00048	-0.72	0.474	-.0012847 .0005971
cif14	-.0016611	.0004821	-3.45	0.001	-.002606 -.0007162
_cons	15.15437	1.963176	7.72	0.000	11.30662 19.00213
sigma_u	1.5523914				
sigma_e	2.6515763				
rho	.25526707 (fraction of variance due to u_i)				

Рисунок 2.4 – Результати панельного регресійного моделювання із залежною змінною Unemp

Random-effects GLS regression	Number of obs =	169
Group variable: ID	Number of groups =	12
R-squared:	Obs per group:	
Within = 0.1626	min =	8
Between = 0.3281	avg =	14.1
Overall = 0.2855	max =	15
	Wald chi2(5) =	.
corr(u_i, X) = 0 (assumed)	Prob > chi2 =	.

Soc3	Coefficient	Std. err.	z	P> z	[95% conf. interval]
cif5	4.00e-11	6.13e-11	0.65	0.514	-8.01e-11 1.60e-10
cif6	.6217862	.1377903	4.51	0.000	.3517222 .8918502
cif7	-.7697718	.217533	-3.54	0.000	-1.196129 -.3434149
cif10	-.0577627	.0170776	-3.38	0.001	-.0242912 -.0912341
cif12	-.0004356	.0005461	-0.80	0.425	-.001506 .0006347
cif14	.0000303	.0004236	0.07	0.943	-.0008 .0008606
_cons	3.082171	1.898047	1.62	0.104	-.6379336 6.802276
sigma_u	3.8180431				
sigma_e	1.8155597				
rho	.8155807	(fraction of variance due to u_i)			

Рисунок 2.8 – Результати панельного регресійного моделювання із залежною змінною Soc3

Отримані результати регресійного моделювання засвідчили, що лише модель із залежною змінною Soc1 є якісною і її результати можна інтерпретувати:

- зі збільшенням cif6 (експорт товарів інформаційно-комунікаційного характеру) на одиницю Soc1 (частка населення, яка має повну середню освіту) збільшиться на 0,946;
- зі збільшенням cif7 (імпорт товарів інформаційно-комунікаційного характеру) на одиницю Soc1 (частка населення, яка має повну середню освіту) зменшиться на 1,031;
- зі збільшенням cif10 (частка населення, що користується інтернетом) на одиницю Soc1 (частка населення, яка має повну середню освіту) збільшиться на 0,079;
- зі збільшенням cif12 (патентні аплікації резидентів країни) на одиницю Soc1 (частка населення, яка має повну середню освіту) збільшиться на 0,004;
- зі збільшенням cif14 (кількість дослідників в напрямку розвитку і дослідження) на одиницю Soc1 (частка населення, яка має повну середню освіту) збільшиться на 0,004.

Таким чином, можна зробити висновок, що серед досліджуваних змінних рівень цифровізації суспільства більшою мірою здійснює вплив на соціальний розвиток, а ніж на зайнятість населення.

2.2 Ідентифікація напрямків та важелів структурних трансформацій економіки та зайнятості населення в умовах цифровізації

Важливим стратегічним напрямком економічних реформ в умовах цифровізації є забезпечення збалансованого галузевого розвитку, що враховуватиме особливості впливу цифровізації суспільства на зайнятість та виробничі параметри у різних секторах економіки. Це обумовлює необхідність оцінювання впливу цифровізації на структурні трансформації економіки. З даною метою доцільно провести моделювання змін у різних галузях економіки, що відбувалися в останні роки, обумовлені впливом цифровізації суспільства. Параметрами цифровізації суспільства обрано п'ять показників:

- частка підприємств, що здійснюють електронні продажі, % (E-sales);
- частка населення, що користується мережею Інтернет принаймні раз на тиждень, % (IntFreq);
- частка населення, що використовує мережу Інтернет для зв'язку з публічними органами принаймні раз на рік, % (PublInter);
- частка найманих працівників, що використовує в роботі комп'ютер з доступом до мережі Інтернет, % (CompWWW);
- частка підприємств, що мають власний веб-сайт, % (Web-sites).

Всі параметри виміряні у відсотках від загальної кількості, що дає змогу оцінити інтегральний рівень цифровізації (DigitInt) як середню арифметичну обраних параметрів.

Параметрами розвитку галузей економіки обрано показники, що характеризують структуру та рівень виробництва різних секторів, а також рівень зайнятості, а саме:

- додана вартість, створена у сільському господарстві, лісовому господарстві та рибальстві, % ВВП;

- додана вартість на одного працівника, створена у сільському господарстві, лісовому господарстві та рибальстві, в еквіваленті дол. США 2015 р.;

- зайнятість у сільському господарстві, % від загальної зайнятості;

- додана вартість, створена у промисловості (включаючи будівництво), % ВВП;

- додана вартість на одного працівника, створена у промисловості (включаючи будівництво), в еквіваленті дол. США 2015 р.;

- зайнятість у промисловості, % від загальної зайнятості;

- додана вартість, створена у сфері послуг, % ВВП;

- додана вартість на одного працівника, створена у сфері послуг, в еквіваленті дол. США 2015 р.;

- зайнятість у сфері послуг, % від загальної зайнятості.

Для проведення моделювання було сформовано вибірку даних за період 2012-2021 р. для 15 країн Європи з різним рівнем економічного розвитку (Бельгія, Болгарія, Чехія, Данія, Німеччина, Естонія, Іспанія, Франція, Італія, Латвія, Литва, Угорщина, Австрія, Польща, Фінляндія). Розрахунки проведено за допомогою інструментарію панельного регресійного моделювання (метод узагальнених найменших квадратів з випадковими ефектами).

Результати моделювання засвідчили, що зростання інтегрального рівня цифровізації створює передумови для скорочення частки доданої вартості аграрного сектору відносно ВВП країни (табл. 2.4).

При цьому важливо, що такий же напрямок впливу демонструє і аналіз окремих параметрів цифровізації суспільства (табл. 2.5).

Таблиця 2.4 – Результати оцінювання впливу інтегрального рівня цифровізації на частку доданої вартості аграрного сектору у ВВП країн Європи у 2012–2021 роках

Факторна змінна	Coef.	St.Err.	t-value	p-value	Lowest 95 %	Highest 95 %	Sig
DigitInt	-0,02	0,004	-4,57	0	-0,028	-0,011	***
Constant	3,395	0,329	10,32	0	2,75	4,04	***
Mean dependent var		2,297	SD dependent var		1,069		
Overall r-squared		0,356	Number of obs		150		
Chi-square		20,872	Prob > chi2		0,000		
R-squared within		0,112	R-squared between		0,404		
*** $p < 0,01$, ** $p < 0,05$, * $p < 0,1$							

Таблиця 2.5 – Результати оцінювання впливу окремих параметрів цифровізації на частку доданої вартості аграрного сектору у ВВП країн Європи у 2012–2021 роках

Факторна змінна	Coef.	St.Err.	t-value	p-value	Lowest 95 %	Highest 95 %	Sig
E-sales	-0,015	0,006	-2,51	0,012	-0,027	-0,003	**
IntFreq	-0,015	0,003	-4,61	0	-0,022	-0,009	***
PublInter	-0,01	0,002	-4,13	0	-0,015	-0,005	***
CompWWW	-0,011	0,003	-3,39	0,001	-0,018	-0,005	***
Web-sites	-0,026	0,007	-3,56	0	-0,04	-0,012	***
*** $p < 0,01$, ** $p < 0,05$, * $p < 0,1$							

З іншого боку, підвищення рівня цифровізації свідчить про зростання продуктивності виробництва у сільському господарстві у розрахунку на одного працівника (табл. 2.6).

Зазначимо, що аналогічні тенденції взаємозв'язку було зафіксовано також при оцінюванні впливу часткових індикаторів цифровізації суспільства на продуктивність виробництва в аграрному секторі (табл. 2.7).

Таблиця 2.6 – Результати оцінювання впливу інтегрального рівня цифровізації на частку доданої вартості аграрного сектору в розрахунку на одного працівника у країнах Європи у 2012–2021 роках

Факторна змінна	Coef.	St.Err.	t-value	p-value	Lowest 95 %	Highest 95 %	Sig
DigitInt	444,503	81,177	5,48	0	285,399	603,608	***
Constant	7244,501	5549,486	1,31	0,192	-3632,292	18121,295	
Mean dependent var		31318,063		SD dependent var		16307,413	
Overall r-squared		0,399		Number of obs		120	
Chi-square		29,983		Prob > chi2		0,000	
R-squared within		0,188		R-squared between		0,421	
*** $p < 0,01$, ** $p < 0,05$, * $p < 0,1$							

Таблиця 2.7 – Результати оцінювання впливу окремих параметрів цифровізації на частку доданої вартості аграрного сектору в розрахунку на одного працівника у країнах Європи у 2012–2021 роках

Факторна змінна	Coef.	St.Err.	t-value	p-value	Lowest 95 %	Highest 95 %	Sig
E-sales	601,562	114,631	5,25	0	376,889	826,235	***
IntFreq	216,015	60,894	3,55	0	96,666	335,364	***
PublInter	191,449	43,06	4,45	0	107,053	275,846	***
CompWWW	483,561	80,416	6,01	0	325,949	641,173	***
Web-sites	483,632	109,348	4,42	0	269,313	697,951	***
*** $p < 0,01$, ** $p < 0,05$, * $p < 0,1$							

З іншого боку, зростання рівня цифровізації суспільства вплинуло на скорочення рівня зайнятості в сільському господарстві відносно загальної структури зайнятості населення (табл. 2.8 – табл. 2.9).

Таблиця 2.8 – Результати оцінювання впливу інтегрального рівня цифровізації на частку зайнятих в аграрному секторі у країнах Європи у 2012–2021 роках

Факторна змінна	Coef.	St.Err.	t-value	p-value	Lowest 95 %	Highest 95 %	Sig
DigitInt	-0,077	0,008	-9,87	0	-0,093	-0,062	***
Constant	8,781	0,713	12,32	0	7,384	10,177	***
Mean dependent var		4,473	SD dependent var		2,564		
Overall r-squared		0,332	Number of obs		150		
Chi-square		97,468	Prob > chi2		0,000		
R-squared within		0,408	R-squared between		0,340		
*** $p < 0,01$, ** $p < 0,05$, * $p < 0,1$							

Таблиця 2.9 – Результати оцінювання впливу окремих параметрів цифровізації на частку зайнятих в аграрному секторі у країнах Європи у 2012–2021 роках

Факторна змінна	Coef.	St.Err.	t-value	p-value	Lowest 95 %	Highest 95 %	Sig
E-sales	-0,09	0,012	-7,87	0	-0,113	-0,068	***
IntFreq	-0,056	0,006	-9,24	0	-0,068	-0,044	***
PublInter	-0,039	0,005	-8,49	0	-0,048	-0,03	***
CompWWW	-0,044	0,006	-6,81	0	-0,057	-0,031	***
Web-sites	-0,087	0,015	-5,65	0	-0,117	-0,057	***
*** $p < 0,01$, ** $p < 0,05$, * $p < 0,1$							

Варто зазначити, що зростання рівня цифровізації також обумовлює скорочення частки доданої вартості, створеної у промисловості досліджуваних країн (табл. 2.10). Це підтверджується також результатами побудованих часткових моделей оцінювання впливу окремих параметрів цифровізації (табл. 2.11).

Таблиця 2.10 – Результати оцінювання впливу інтегрального рівня цифровізації на частку доданої вартості промисловості у ВВП країн Європи у 2012–2021 роках

Факторна змінна	Coef.	St.Err.	t-value	p-value	Lowest 95 %	Highest 95 %	Sig
DigitInt	-0,079	0,012	-6,54	0	-0,103	-0,056	***
Constant	28,068	1,277	21,99	0	25,566	30,57	***
Mean dependent var		23,642	SD dependent var		4,053		
Overall r-squared		0,034	Number of obs		150		
Chi-square		42,794	Prob > chi2		0,000		
R-squared within		0,239	R-squared between		0,027		
*** $p < 0,01$, ** $p < 0,05$, * $p < 0,1$							

Таблиця 2.11 – Результати оцінювання впливу окремих параметрів цифровізації на частку доданої вартості промисловості у ВВП країн Європи у 2012–2021 роках

Факторна змінна	Coef.	St.Err.	t-value	p-value	Lowest 95 %	Highest 95 %	Sig
E-sales	-0,057	0,018	-3,15	0,002	-0,092	-0,022	***
IntFreq	-0,061	0,009	-6,61	0	-0,079	-0,043	***
PublInter	-0,047	0,007	-6,96	0	-0,06	-0,033	***
CompWWW	-0,043	0,009	-4,51	0	-0,061	-0,024	***
Web-sites	-0,08	0,023	-3,56	0	-0,124	-0,036	***
*** $p < 0,01$, ** $p < 0,05$, * $p < 0,1$							

Аналогічно попередньому блоку дослідження, можемо відзначити, що одним з наслідків цифровізації є зростання частки доданої вартості промисловості в розрахунку на одного працівника (табл. 2.12). Такий же вплив демонструють і окремі параметри цифровізації економіки та суспільства (табл. 2.13).

Іншим виявленим трендом цифровізації є скорочення частки зайнятих в промисловості (табл. 2.14 – табл. 2.15).

Таблиця 2.12 – Результати оцінювання впливу інтегрального рівня цифровізації на частку доданої вартості промисловості в розрахунку на одного працівника у країнах Європи у 2012–2021 роках

Факторна змінна	Coef.	St.Err.	t-value	p-value	Lowest 95 %	Highest 95 %	Sig
DigitInt	513,136	68,95	7,44	0	377,997	648,275	***
Constant	31278,06	6806,881	4,60	0	17936,819	44619,301	***
Mean dependent var		59068,633	SD dependent var		33437,457		
Overall r-squared		0,618	Number of obs		120		
Chi-square		55,386	Prob > chi2		0,000		
R-squared within		0,341	R-squared between		0,662		
*** $p < 0,01$, ** $p < 0,05$, * $p < 0,1$							

Таблиця 2.13 – Результати оцінювання впливу окремих параметрів цифровізації на частку доданої вартості промисловості в розрахунку на одного працівника у країнах Європи у 2012–2021 роках

Факторна змінна	Coef.	St.Err.	t-value	p-value	Lowest 95 %	Highest 95 %	Sig
E-sales	603,688	98,872	6,11	0	409,903	797,473	***
IntFreq	276,223	51,09	5,41	0	176,088	376,358	***
PublInter	206,412	37,181	5,55	0	133,538	279,287	***
CompWWW	620,029	69,714	8,89	0	483,392	756,666	***
Web-sites	581,539	98,305	5,92	0	388,864	774,213	***
*** $p < 0,01$, ** $p < 0,05$, * $p < 0,1$							

Таблиця 2.14 – Результати оцінювання впливу інтегрального рівня цифровізації на частку зайнятих у промисловості у країнах Європи у 2012–2021 роках

Факторна змінна	Coef.	St.Err.	t-value	p-value	Lowest 95 %	Highest 95 %	Sig
DigitInt	-0,026	0,01	-2,65	0,008	-0,045	-0,007	***
Constant	27,535	1,323	20,81	0	24,942	30,129	***
Mean dependent var		26,103	SD dependent var		5,090		
Overall r-squared		0,232	Number of obs		150		
Chi-square		7,000	Prob > chi2		0,008		
R-squared within		0,044	R-squared between		0,270		
*** $p < 0,01$, ** $p < 0,05$, * $p < 0,1$							

Таблиця 2.15 – Результати оцінювання впливу окремих параметрів цифровізації на частку зайнятих у промисловості у країнах Європи у 2012–2021 роках

Факторна змінна	Coef.	St.Err.	t-value	p-value	Lowest 95 %	Highest 95 %	Sig
E-sales	-0,026	0,013	-2,00	0,046	-0,052	0	**
IntFreq	-0,011	0,007	-1,48	0,14	-0,026	0,004	
PublInter	-0,012	0,005	-2,28	0,023	-0,023	-0,002	**
CompWWW	-0,018	0,007	-2,51	0,012	-0,032	-0,004	**
Web-sites	-0,061	0,016	-3,77	0	-0,093	-0,029	***
*** $p < 0,01$, ** $p < 0,05$, * $p < 0,1$							

На противагу попереднім результатам, внаслідок цифровізації відбувається зростання доданої вартості, створеної у сфері послуг (табл. 2.16 – табл. 2.17).

Таблиця 2.16 – Результати оцінювання впливу інтегрального рівня цифровізації на частку доданої вартості сфери послуг у ВВП країн Європи у 2012–2021 роках

Факторна змінна	Coef.	St.Err.	t-value	p-value	Lowest 95 %	Highest 95 %	Sig	
DigitInt	0,085	0,015	5,68	0	0,056	0,115	***	
Constant	57,705	1,488	38,77	0	54,788	60,622	***	
Mean dependent var								
		62,472	SD dependent var					4,737
Overall r-squared		0,083	Number of obs					150
Chi-square		32,229	Prob > chi2					0,000
R-squared within		0,188	R-squared between					0,081
*** $p < 0,01$, ** $p < 0,05$, * $p < 0,1$								

У той же час, внаслідок цифровізації зростає і продуктивність сфери послуг у розрахунку на одного працівника (табл. 2.18 – табл. 2.19).

Таблиця 2.17 – Результати оцінювання впливу окремих параметрів цифровізації на частку доданої вартості сфери послуг у ВВП країн Європи у 2012–2021 роках

Факторна змінна	Coef.	St.Err.	t-value	p-value	Lowest 95 %	Highest 95 %	Sig
E-sales	0.054	0.022	2.45	0.014	0.011	0.097	**
IntFreq	0.063	0.011	5.50	0	0.041	0.086	***
PublInter	0.048	0.008	5.69	0	0.031	0.064	***
CompWWW	0.056	0.011	5.00	0	0.034	0.078	***
Web-sites	0.071	0.028	2.55	0.011	0.016	0.125	**
*** $p < 0,01$, ** $p < 0,05$, * $p < 0,1$							

Таблиця 2.18 – Результати оцінювання впливу інтегрального рівня цифровізації на частку доданої вартості сфери послуг в розрахунку на одного працівника у країнах Європи у 2012–2021 роках

Факторна змінна	Coef.	St.Err.	t-value	p-value	Lowest 95 %	Highest 95 %	Sig
DigitInt	243,647	24.302	10.03	0	196.016	291.278	***
Constant	42372,822	5757.687	7.36	0	31087.964	53657.68	***
Mean dependent var		55568,315	SD dependent var		27360,241		
Overall r-squared		0,450	Number of obs		120		
Chi-square		100,516	Prob > chi2		0,000		
R-squared within		0,501	R-squared between		0,484		
*** $p < 0,01$, ** $p < 0,05$, * $p < 0,1$							

Таблиця 2.19 – Результати оцінювання впливу окремих параметрів цифровізації на частку доданої вартості сфери послуг в розрахунку на одного працівника у країнах Європи у 2012–2021 роках

Факторна змінна	Coef.	St.Err.	t-value	p-value	Lowest 95 %	Highest 95 %	Sig
E-sales	222,728	41,885	5,32	0	140,635	304,822	***
IntFreq	147,774	18,335	8,06	0	111,837	183,711	***
PublInter	116,5	12,944	9,00	0	91,131	141,869	***
CompWWW	230,717	27,608	8,36	0	176,607	284,826	***
Web-sites	244,175	39,743	6,14	0	166,28	322,07	***
*** $p < 0,01$, ** $p < 0,05$, * $p < 0,1$							

При цьому слід зазначити, що зростання інтегрального рівня цифровізації, а також його окремих показників призводить і до зростання рівня зайнятості у сфері послуг (табл. 2.20 – табл. 2.21).

Підсумовуючи проведене дослідження, зазначимо, що основними наслідками цифровізації суспільства є структурні трансформації економіки, а саме зростання ролі сектору послуг, що забезпечує підвищення зайнятості та створення більшого обсягу доданої вартості. У той же час, цифровізація позитивно позначається на продуктивності виробництва у реальному секторі економіки.

Таблиця 2.20 – Результати оцінювання впливу інтегрального рівня цифровізації на частку зайнятих у сфері послуг у країнах Європи у 2012–2021 роках

Факторна змінна	Coef.	St.Err.	t-value	p-value	Lowest 95 %	Highest 95 %	Sig
DigitInt	0,102	0,011	9,67	0	0,081	0,123	***
Constant	63,734	1,441	44,24	0	60,911	66,558	***
Mean dependent var		69,425		SD dependent var		6,263	
Overall r-squared		0,393		Number of obs		150	
Chi-square		93,497		Prob > chi2		0,000	
R-squared within		0,407		R-squared between		0,433	
*** $p < 0,01$, ** $p < 0,05$, * $p < 0,1$							

Таблиця 2.21 – Результати оцінювання впливу окремих параметрів цифровізації на частку зайнятих у сфері послуг у країнах Європи у 2012–2021 роках

Факторна змінна	Coef.	St.Err.	t-value	p-value	Lowest 95 %	Highest 95 %	Sig
E-sales	0,115	0,015	7,46	0	0,085	0,145	***
IntFreq	0,067	0,009	7,74	0	0,05	0,084	***
PublInter	0,051	0,006	8,20	0	0,039	0,064	***
CompWWW	0,062	0,009	7,07	0	0,045	0,079	***
Web-sites	0,146	0,02	7,37	0	0,107	0,184	***
*** $p < 0,01$, ** $p < 0,05$, * $p < 0,1$							

2.3 Причинно-наслідкові зв'язки цифровізації суспільних відносин і рівня співпраці промисловості, освіти і науки у сфері НДДКР як драйверів соціально-економічного розвитку

Цифровізація суспільних відносин, як і загалом інноваційний розвиток країн світу є важливими драйверами соціально-економічного та сталого розвитку. У той же час ефективна співпраця промисловості, освіти і науки у сфері НДДКР є безпосередньо одним із напрямків і відіграє вагомую роль в цифрового розвитку, а також є безумовною складовою вирішення інших пріоритетних завдань на мікро- та макрорівнях. Тому метою цього дослідження є обґрунтування та оцінювання причинно-наслідкових зв'язків між показниками цифровізації суспільних відносин і рівня співпраці промисловості, освіти і науки у сфері НДДКР.

Для проведення дослідження було сформовано вибірку для 20 країн світу – лідерів за індикатором співробітництва між університетами та промисловістю у сфері НДДКР (за оцінками Глобального індексу інновацій) у 2022 р. [52], що охоплює наступні показники за період з 2011р. по 2020 р.: індикатори співпраці університетів і промисловості в галузі НДДКР, доступу до ІКТ, державних онлайн-послуг, онлайн-креативності (за оцінками Глобального індексу інновацій Всесвітньої організації захисту інтелектуальної власності) [53], та експорту товарів ІКТ (за даними Світового банку) [54].

Методологічну основу дослідження становили методи кореляційного аналізу (Пірсона [55] або Спірмена [56] в залежності від розподілу даних, для чого попередньо застосовано тест Шапіро-Вілка на нормальний розподіл даних [57]) з урахуванням можливих лагів у часі, VAR-моделювання [58], тест Грейнджера [59] і відповідний інструментарій програмного забезпечення STATA 18 для проведення обчислень.

На першому етапі було проведено перевірку даних на нормальний розподіл за допомогою тесту Шапіро-Вілка (табл. 2.22) для подальшого коректного обрання методу кореляційного аналізу для обґрунтування наявності

взаємозв'язку між досліджуваними показниками, визначення його характеру і сили.

Таблиця 2.22 – Результати перевірки вхідної вибірки на нормальний розподіл даних

Країна	Значення Prob>z (тест Шапіро-Вілка) для показника:			
	ICT_A	GOS	OC	ICT_G_E
США	0,30140	0,52647	0,05046	0,12283
Ізраїль	0,12948	0,00000*	0,26381	0,10877
Швейцарія	0,46313	0,91874	0,12477	0,00070*
Нідерланди	0,22876	0,00000*	0,35612	0,36765
Китай	0,37081	0,50603	0,06296	0,58102
Ірландія	0,05105	0,85564	0,43470	0,02653*
Сінгапур	0,51722	0,00000*	0,28954	0,19196
Бельгія	0,59370	0,76545	0,23004	0,09886
Канада	0,08209	0,81335	0,38174	0,87255
Швеція	0,85024	0,05063	0,48131	0,01846*
Фінляндія	0,07773	0,00087*	0,06720	0,00039*
Катар	0,05003	0,00004*	0,62267	0,00000*
Індонезія	0,54940	0,44711	0,10801	0,76840
Корея	0,01973*	0,06634	0,32754	0,58757
Данія	0,79199	0,89568	0,54473	0,60148
Німеччина	0,40457	0,77408	0,10238	0,83035
Гонконг	0,03721*	–	0,32591	0,31509
Австрія	0,21439	0,00187*	0,03362*	0,46108
Люксембург	0,11411	0,02957*	0,04737*	0,91944
Норвегія	0,47300	0,90187	0,08600	0,42985

Примітка: * – дані не є нормально розподіленими; – – дані не змінювалися протягом досліджуваного періоду або відсутні; UI_RD – оцінка співробітництва університетів і промисловості в НДДКР (в межах Глобального індексу інновацій); ICT_A – оцінка доступу до ІКТ (в межах Глобального індексу інновацій); GOS – оцінка державних онлайн-послуг (в межах Глобального індексу інновацій); OC – оцінка онлайн-креативності (в межах Глобального індексу інновацій); ICT_G_E – частка експорту товарів ІКТ в загальному експорті (за даними Світового банку).

Джерело: розраховано авторами.

У разі нормального розподілу даних (результат тесту Шапіро-Вілка становить 0,05 і більше) коефіцієнт кореляції має розраховуватися за методом Пірсона, в іншому випадку (результат тесту Шапіро-Вілка є меншим 0,05) – за допомогою методу Спірмена. Також під час проведення кореляційного аналізу для обґрунтування наявності взаємозв'язку між досліджуваними показниками

враховуються можливі лаги в часі (до трьох років), через які коефіцієнт кореляції становиться максимальним, і відповідно виявлений взаємозв'язок набуває найбільшої статистичної значущості.

Узагальнені результати оцінки взаємозв'язку між показником співробітництва університетів і промисловості в НДДКР та показниками цифровізації представлені в таблиці 2.23.

Таблиця 2.23 – Результати розрахунку коефіцієнтів кореляції / часових лагів для оцінки сили і характеру взаємозв'язку між показником співробітництва університетів і промисловості в НДДКР та показниками цифровізації

Країна	UI_RD			
	ICT_A	GOS	OC	ICT_G_E
США	-0,32 / 3	0,57 / 2	0,73 / 2	-0,19 / 2
Ізраїль	0,90 / 2	0,91 / 3	-0,85 / 2	0,33 / 3
Швейцарія	0,43 / 0	-0,36 / 2	0,77 / 2	0,55 / 2
Нідерланди	0,90 / 2	0,49 / 3	0,55 / 3	-0,52 / 0
Китай	-0,67 / 0	-0,68 / 0	0,53 / 2	0,79 / 3
Ірландія	0,52 / 0	-0,68 / 3	0,59 / 2	0,35 / 0
Сінгапур	-0,91 / 3	0,93 / 1	0,83 / 1	-0,98 / 3
Бельгія	-0,84 / 2	-0,94 / 2	0,86 / 1	-0,71 / 3
Канада	-0,74 / 0	-0,89 / 0	0,47 / 0	0,75 / 0
Швеція	0,31 / 3	-0,57 / 0	0,82 / 0	0,86 / 0
Фінляндія	0,75 / 1	-0,98 / 0	0,81 / 2	0,29 / 0
Катар	-0,90 / 3	0,65 / 2	0,90 / 1	-0,81 / 3
Індонезія	0,31 / 0	0,89 / 2	0,56 / 1	0,85 / 3
Корея	-0,85 / 2	0,82 / 0	0,71 / 0	-0,88 / 0
Данія	-0,41 / 2	0,37 / 3	0,73 / 0	0,35 / 3
Німеччина	0,57 / 0	0,34 / 1	0,57 / 3	0,30 / 0
Гонконг	0,41 / 3	–	-0,86 / 2	0,77 / 3
Австрія	0,69 / 3	0,95 / 2	-0,93 / 3	-0,82 / 2
Люксембург	0,55 / 3	0,95 / 2	-0,79 / 2	0,34 / 3
Норвегія	0,44 / 0	0,54 / 2	0,86 / 2	-0,72 / 2

Примітка: – - дані не змінювалися протягом досліджуваного періоду або відсутні; UI_RD – оцінка співробітництва університетів і промисловості в НДДКР (в межах Глобального індексу інновацій); ICT_A – оцінка доступу до ІКТ (в межах Глобального індексу інновацій); GOS – оцінка державних онлайн-послуг (в межах Глобального індексу інновацій); OC – оцінка онлайн-креативності (в межах Глобального індексу інновацій); ICT_G_E – частка експорту товарів ІКТ в загальному експорті (за даними Світового банку).

Джерело: розраховано авторами.

Отримані результати мають статистичну значущість. Сила взаємозв'язку між кожною парою досліджуваних індикаторів визначається залежно від значення коефіцієнту кореляції за модулем і є низькою, якщо коефіцієнт кореляції менше 0,19, середньою – від 0,2 до 0,49, високою – від 0,5 до 0,79, і дуже високою – від 0,8 до 1. Відповідно математичний знак вказує на характер взаємозв'язку: зворотний – за від'ємного коефіцієнту кореляції і прямий – за додатного коефіцієнту кореляції.

Отже, узагальнюючі результати кореляційного аналізу за всією вибіркою країн, можна стверджувати про існування взаємозв'язку між показником співробітництва університетів і промисловості в НДДКР та:

- доступом до ІКТ, що є прямим у 12 із 20 країн вибірки із середньою, високою і дуже високою силою зв'язку та часовим лагом від 0 до 3 років залежно від досліджуваної країни. Відповідно обернений зв'язок має місце у 8 із 20 країн вибірки (сила зв'язку від середньої до дуже високої, часовий лаг 2-3 роки або без часового лагу);
- рівнем державних онлайн-послуг – прямий взаємозв'язок у 12 із 19 країн вибірки із середньою, високою і дуже високою силою зв'язку та часовим лагом від 0 до 3 років. Обернений зв'язок – у 7 із 19 країн вибірки (сила зв'язку від середньої до дуже високої, часовий лаг 2-3 роки або без часового лагу);
- рівнем онлайн-креативності, що в більшості країн (16 із 20 країн вибірки) є прямим з переважно високою і дуже високою силою зв'язку та часовим лагом від 0 до 3 років. Відповідно обернений зв'язок обґрунтовано лише в 4 із 20 країн вибірки (сила зв'язку – дуже висока, часовий лаг 2-3 роки);
- часткою експорту товарів ІКТ - прямий взаємозв'язок у 12 із 20 країн вибірки із силою зв'язку від середньої до дуже високої залежно від досліджуваної країни, переважно без часового лагу або з лагом 3 роки. Обернений зв'язок – у 8 із 20 країн вибірки із низькою, високою або дуже високою силою зв'язку, без часового лагу або часовим лагом 2-3 роки.

Проте кореляційний аналіз не дає можливості встановити напрямок або причинність (каузальність) у визначених взаємозв'язках, що обумовлює

доцільність проведення каузального аналізу за допомогою тесту причинності Грейнджера, здійсненого на основі попереднього VAR-моделювання. Отримані результати тесту причинності Грейнджера наводяться в додатку А.

Отримані результати для США свідчать, що лагове значення показника доступу до ІКТ не є причиною співробітництва університетів і промисловості в НДДКР (UI_RD), оскільки значення $\text{Prob} > \chi^2 = 0.163$, що більше 0,05. Аналогічно лагове значення показника співробітництва університетів і промисловості в НДДКР (UI_RD) не є причиною індикатора доступу до ІКТ ($\text{Prob} > \chi^2 = 0.200$, що більше за 0,05). Натомість, рівень державних онлайн-послуг (GOS) визначено причиною співробітництва університетів і промисловості в НДДКР (UI_RD), оскільки значення $\text{Prob} > \chi^2 = 0.000$, що менше 0,05. При цьому співробітництво університетів і промисловості в НДДКР (UI_RD) не є причиною зміни рівня державних онлайн-послуг (GOS), про що свідчить значення $\text{Prob} > \chi^2 = 0.131$, що більше 0,05. За аналогічним алгоритмом встановлено, що показник онлайн-креативності (OC) впливає (є причиною) співробітництва університетів і промисловості в НДДКР (UI_RD) ($\text{Prob} > \chi^2 = 0.000$, що менше 0,05), і між цими індикаторами має місце двостороння причинність, адже і рівень співробітництва університетів і промисловості в НДДКР (UI_RD) є причиною рівня онлайн-креативності (OC) ($\text{Prob} > \chi^2 = 0.011$, що менше 0,05). Також двостороння причинність виявлена і для взаємозв'язку між співробітництвом університетів і промисловості в НДДКР (UI_RD) та часткою експорту товарів ІКТ (ICT_G_E) (відповідно $\text{Prob} > \chi^2 = 0.000$ для оцінки причинності в обох напрямках).

Результати визначення причинності у взаємозв'язках між досліджуваними показниками для всіх країн вибірки узагальнено в таблиці 2.24.

Таблиця 2.24 – Узагальнені результати визначення причинності у взаємозв'язках між показником співробітництва університетів і промисловості в НДДКР та показниками цифровізації

Країна	Напрямок причинності							
	Від ICT_A до UI_RD	Від UI_RD до ICT_A	Від GOS до UI_RD	Від UI_RD до GOS	Від ОС до UI_RD	Від UI_RD до ОС	Від ICT_G_E до UI_RD	Від UI_RD до ICT_G_E
США			+		+	+	+	+
Ізраїль		+		+	+	+		
Швейцарія		+		+	+		+	
Нідерланди	+				+	+	+	
Китай		+			+	+		
Ірландія	+	+			+	+	+	
Сінгапур	+		+		+	+	+	
Бельгія	+		+		+	+	+	
Канада	+	+				+		
Швеція				+	+			+
Фінляндія	+	+		+		+		+
Катар	+	+	+	+	+	+		
Індонезія		+	+	+		+	+	+
Корея	+		+	+	+	+	+	+
Данія	+		+		+			+
Німеччина	+	+						+
Гонконг		+	-	-	+		+	
Австрія	+			+	+	+	+	+
Люксембург				+	+	+		+
Норвегія	+	+		+	+	+	+	+

Примітка: – - причинність не можливо встановити, виходячи з наявних даних за досліджуваний період часу; UI_RD – оцінка співробітництва університетів і промисловості в НДДКР (в межах Глобального індексу інновацій); ICT_A – оцінка доступу до ІКТ (в межах Глобального індексу інновацій); GOS – оцінка державних онлайн-послуг (в межах Глобального індексу інновацій); ОС – оцінка онлайн-креативності (в межах Глобального індексу інновацій); ICT_G_E – частка експорту товарів ІКТ в загальному експорті (за даними Світового банку).

Джерело: розраховано авторкою.

З наведеного вище випливає, що рівень доступу до ІКТ є причиною зміни рівня співробітництва університетів і промисловості в НДДКР в 12 із 20 країн вибірки, зворотна причинність має місце в 11 із 20 країн вибірки, у тому числі двостороння причинність – у 5 країнах.

Рівень розвитку державних онлайн сервісів є причиною зміни рівня співробітництва університетів і промисловості в НДДКР в 7 із 19 країн вибірки,

зворотна причинність встановлена в 10 із 19 країн вибірки, у тому числі двостороння причинність – у 3 країнах.

Оцінка онлайн-креативності впливає на співробітництво університетів і промисловості в НДДКР в 16 із 20 країн вибірки, зворотна причинність виявлена в 15 із 20 країн вибірки, у тому числі двостороння причинність – у 12 країнах.

Частка експорту товарів ІКТ в загальному експорті впливає на співробітництво університетів і промисловості в НДДКР в 11 із 20 країн вибірки, зворотна причинність має місце в 10 із 20 країн вибірки, у тому числі двостороння причинність – у 5 країнах.

Отже, підтверджено, що на рівень співробітництва університетів і промисловості в НДДКР впливають такі показники цифровізації суспільних відносин, як онлайн креативність, доступ до ІКТ та частка експорту товарів ІКТ в загальному експорті. У той же час співробітництво університетів і промисловості в НДДКР є причиною змін рівня онлайн креативності, доступу до ІКТ, частка експорту товарів ІКТ.

У результаті проведеного дослідження удосконалено теоретико-методологічний підхід до встановлення та оцінювання причинно-наслідкових зв'язків цифровізації суспільних відносин і рівня співпраці промисловості, освіти і науки у сфері НДДКР як драйверів соціально-економічного розвитку, що, на відміну від існуючих, базується на VAR-моделюванні та тестуванні за методом Грейнджера для 20 країн-лідерів світу за індикатором співробітництва між університетами та промисловістю у сфері НДДКР за 2011-2020 рр. на основі дослідження показників співпраці університетів і промисловості в галузі НДДКР, доступу до ІКТ, державних онлайн-послуг, онлайн-креативності (за оцінками Глобального індексу інновацій), та експорту товарів ІКТ (за даними Світового банку).

2.4 Ступінь зв'язку та координації цифрового бізнесу та цифрового управління на тлі сталого розвитку

Глобальне зобов'язання щодо досягнення Цілей сталого розвитку (ЦСР) до 2030 року передбачає спільну реалізацію спільних зусиль щодо вирішення найактуальніших світових викликів, від зменшення бідності до екологічної стійкості. В цьому контексті, аналіз ролі цифрового бізнесу та управління є не лише важливою, але й узгодженою із проактивною позицією ЄС щодо досягнення ЦСР складовою [60–64]. Окрема група науковців [65–69] наголошують на важливій ролі цифровізації в підвищенні ефективності та економічного зростання, підкреслюючи її позитивний вплив на сталий розвиток. Цифровий сектор робить значний внесок у створення робочих місць, слугує інноваційним центром і забезпечує підвищення ефективності в різних галузях. Спрощуючи транскордонну торгівлю та електронну комерцію, цифрові платформи підтримують економічну інтеграцію ЄС, тоді як цифрова трансформація традиційних секторів забезпечує адаптивність та стійкість. Крім того, цифрові технології розширюють можливості малих і середніх підприємств (МСП), сприяючи інклюзивності та різноманітній бізнес-екосистемі. Поява FinTech ще більше змінює фінансовий сектор, роблячи його більш доступним і оперативним. Визнаючи трансформаційну силу цифровізації, ЄС продовжує інвестувати в політику та ініціативи для підтримки процвітаючої цифрової економіки. Цифрове управління є невід'ємною частиною економічного ландшафту ЄС, слугуючи базовою основою для ефективної цифровізації уряду. Цифрове управління надає пріоритет доступності та інклюзивності в наданні цифрових послуг, усуваючи цифровий розрив і сприяючи соціальній та економічній єдності. Крім того, він відіграє ключову роль у підтримці конфіденційності та безпеки даних за допомогою таких нормативних актів, як Загальний регламент захисту даних (GDPR), зміцнюючи довіру до цифрових систем і послуг. Сприяючи ефективності надання державних послуг, підтримуючи постійне вдосконалення та адаптуючись до технологій, що

розвиваються, цифрове управління відіграє вирішальну роль у стимулюванні економічної стійкості та зростання ЄС у цифрову еру. Проте критики [70–75] стверджують, що ці переваги часто відбуваються за рахунок переміщення з роботи, потенційно посилюючи різницю в доходах і перешкоджаючи соціальному прогресу.

Дослідження впливу координації між цифровим бізнесом і цифровим управлінням на індекс Цілей сталого розвитку (ЦСР) була здійснено за допомогою наступної економетричної моделі:

$$SDG_{it} = a_0 + b_1 Coord_{it} + b_2 X_{it} + \mu_i + \mu_t + \varepsilon_{it} \quad (2.2)$$

де SDG_{it} – залежна змінна, що представляє індекс Цілей сталого розвитку (ЦСР) для країни i на період t ;

$Coord_{it}$ – ояснювальна змінна, що позначає рівень координації між цифровим бізнесом і цифровим управлінням;

X_{it} – множина контрольних змінних;

a_0 – специфічні фіксовані ефекти;

b_1, b_2 – коефіцієнти пояснювальної та контрольної змінних відповідно;

μ_i, μ_t – фактори, що стосуються країни та часу, відповідно;

ε_{it} – помилка.

Для побудови рівняння регресії (2.2) і забезпечення надійності аналізу даних, буду використана комплексна методологія, що включає різні діагностичні тести. Ці тести мають ключове значення для визначення найбільш підходящої методики оцінки для набору даних. Методологія включала наступні етапи: 1) для оцінювання стаціонарності змінних у наборі даних буде проведено серію тестів на одиничний корінь, включаючи Im, Pesaran, IPS і розширений тест Дікі-Фуллера (ADF). Ці тести необхідні для визначення того, чи демонструють змінні нестаціонарну поведінку, що може вплинути на

точність результатів регресії. 2) для дослідження потенційної перехресної залежності між спостереженнями в різних об'єктах у наборі даних буде застосовано тест Пезарана. Розуміння наявності міжсекційної залежності має вирішальне значення для фіксації складних взаємозв'язків, присутніх у даних. 3) для дослідження наявності довгострокових зв'язків між змінними будуть використані тести на коінтеграцію, такі як тести коінтеграції Педроні, Вестерлунда та Као. Дослідження коінтеграції має вирішальне значення для розуміння рівноважних відносин і особливо актуальне в економічному та фінансовому аналізі. 4) для оцінки ступеня мультиколінеарності в моделі буде розрахований коефіцієнт інфляції дисперсії (VIF). Це сприятиме визначенню змінних, які можуть бути сильно корельованими, що може вплинути на стабільність оцінок коефіцієнтів та інтерпретацію результатів. 5) для оцінювання наявності автокореляції в термінах помилки буде використано тест Вулдріджа для автокореляції в панельних даних. 6) для візуалізації попарних кореляцій між змінними була побудовано кореляційну матрицю. Цей аналіз має вирішальне значення для виявлення потенційних проблем із мультиколінеарністю та розуміння характеру взаємодії між різними змінними.

Після ретельного виконання аналітичних процедур у дослідженні буде використано підхід виправлення стандартних помилок.

Оцінювання рівня координації між цифровим бізнесом і цифровим управлінням передбачає врахування різних вимірів. Цифровізація уряду зосереджена на інтеграції уряду та ефективному використанні цифрових технологій у його діяльності та наданні послуг. Це передбачає ретельний аналіз важливих факторів, таких як політика, нормативні акти та інфраструктура, які відіграють ключову роль у просуванні зусиль з цифровізації. Крім того, він оцінює доступність і впровадження цифрових державних послуг підприємствами та громадянами, слугуючи індикатором прихильності уряду до цифровій трансформації. В рамках даного виміру буде враховано наступні показники: а) Ключові чинники (КЕ), що оцінюють політику, нормативні акти та інфраструктуру, які є життєво важливими для розвитку цифрового

середовища, заохочення інновацій та забезпечення надійної цифрової інфраструктури. б) Цифрові державні послуги для бізнесу (DPb) оцінюють доступність і якість цифрових послуг, оптимізують бізнес-операції, зменшують бюрократію та підвищують дотримання вимог. в) Цифрові державні послуги для громадян (DPc) вказують на прагнення уряду покращити якість життя громадян за допомогою зручних цифрових послуг, включаючи охорону здоров'я, освіту та соціальне забезпечення, що в кінцевому підсумку сприяє підвищенню залученості та задоволеності громадян.

Цифровізація бізнесу передбачає оцінювання інтеграції та впливу цифрових технологій на бізнес-сектор. Це передбачає поглиблений аналіз того, якою мірою підприємства залучені до електронної комерції, частки підприємств, які генерують значні продажі через електронну комерцію, і поширеності компаній, які використовують цифрові платформи для транзакцій продажу. Ці показники дають інформацію про рівень цифровізації бізнес-операцій і цифровізації економіки країни. В процесі дослідження будуть використані наступні ключові показники: підприємства з продажами через електронну комерцію (E1); підприємства, у яких продажі через електронну комерцію становлять щонайменше 1% їх обороту (E2); і підприємства з веб-продажами, які здійснюються через веб-сайти, програми або онлайн-ринки (E3).

Для розрахунку рівня цифровізації уряду та рівня цифровізації бізнесу та економіки буде використано метод ентропії. Даний метод враховує відносну важливість критеріїв або показників, дозволяючи визначати вагові коефіцієнти для показників. Це дозволяє врахувати різну питому вагу коефіцієнтів при обчисленні загальної ентропії для кожної альтернативи. На першому етапі передбачається нормалізація всіх даних. Це дозволяє перетворити дані в стандартизований формат (формула 2.3), між 0 і 1, де 0 представляє найгіршу можливу продуктивність або результат, а 1 – найкращий.

$$Z_{ni} = \frac{z_i - z_{\min}}{z_{\max} - z_{\min}} \quad (2.3)$$

де z_{\max}, z_{\min} – максимальне та мінімальне значення z_i ;
 $i=1,2,3,\dots, n$; Z_{norm_i} – нормоване значення z_i .

На наступному етапі, за допомогою формул 2.4 і 2.5, будуть розраховані коефіцієнти ентропійної ваги (ω_i) для відповідних змінних у цифровізації уряду та цифровізації бізнесу та економіки відповідно.

$$\omega_i = \frac{1 - p_i}{\sum_{i=1}^n (1 - p_i)} \quad (2.4)$$

де p_i – значення ентропії

$$p_i = -\frac{1}{\ln(n)} \sum_{i=1}^n \frac{1 + Z_{ni}}{\sum_{i=1}^n (1 + Z_{ni})} \times \ln \left(\frac{1 + Z_{ni}}{\sum_{i=1}^n (1 + Z_{ni})} \right) \quad (2.5)$$

На наступному етапі буде проведено розрахунок індексу ентропійної ваги для цифровізації уряду (GD_i) та цифровізації бізнесу та економіки (DB_i) (формули 2.6 і 2.7 відповідно).

$$GD_i = \sum_{i=1}^n \omega_{igd} Z_{ngd_i} \quad (2.6)$$

$$DB_i = \sum_{i=1}^n \omega_{idb} Z_{ndb_i} \quad (2.7)$$

де $\omega_{igd}, \omega_{idb}$ – ентропійна вага відповідних змінних для цифровізації уряду та цифровізації бізнесу відповідно;

Z_{ngd}, Z_{ndb} – нормалізовані дані для цифровізації уряду, цифровізації бізнесу та економіки відповідно.

Порогові значення для GD_i та DB_i знаходяться в діапазоні від 0 (низький рівень) до 1 (високий рівень). Рівень узгодженості між ваговими коефіцієнтами буде визначено за наступною формулою:

$$\text{Coord}_i = \sqrt{C_i \times T_i} = \sqrt{\left(\frac{\prod_{i=1}^n f_i}{\left[\frac{\sum_{i=1}^n f_i}{n} \right]^n} \right)^{1/n} \times \left(\sum_{i=1}^n q_i \times f_i \right)^{1/n}}, \quad (2.8)$$

де C_i – числове значення координації;

T_i – кількісне значення рівня координації для цифровізації уряду та цифровізації бізнесу;

q_i – ваговий коефіцієнт = 0,5;

f_i – рівень цифровізації уряду та цифровізації бізнесу;

n – кількість показників.

Ступінь зв'язку між компонентами інвестиційної привабливості країни поділяється на чотири чіткі рівні, визначені конкретними пороговими значеннями. Ступінь зв'язку, що знаходиться в діапазон від 0,75 до 1, класифікується як «Високий», тоді як значення від 0,5 до 0,75 вважаються «Вище середнього». Ступінь зв'язку в діапазоні від 0,25 до 0,5 позначається як «Нижче середнього», а значення від 0 до 0,25 позначаються як «Низький». Визначення рівнів зв'язку (таблиця 2.26) базується на еталонному значенні – 1 (на яке повинен бути спрямований індикатор), в той час як всі значення нижче 0,25 – визначаються як такі, що мають низький рівень зв'язку, що відображає високий рівень незбалансованості інвестиційної привабливості країни.

У цьому дослідженні буде використано наступний набір контрольних змінних, які можуть мати суттєвий вплив на досягнення ЦСР у рамках цифровізації уряду, цифровізації бізнесу та економіки:

Відкритість торгівлі, яку часто вимірюють як відношення загального обсягу торгівлі країни (експорт імпорту) до обсягу її ВВП, дає зрозуміти, наскільки країна інтегрована у світову економіку. Високий ступінь відкритості торгівлі означає, що країна бере активну участь у міжнародній торгівлі, що може позитивно вплинути на її економічне зростання та розвиток. Розширення торгівлі призводить до збільшення доходу, створення робочих місць і передачі нових технологій, що в кінцевому підсумку сприяє економічному процвітання країни. Ці економічні переваги, у свою чергу, можуть полегшити здатність країни інвестувати в охорону здоров'я, освіту, інфраструктуру та інші важливі сектори, узгоджуючи кілька ЦСР, у тому числі ті, що стосуються зменшення бідності, економічного зростання та інновацій у галузі.

ВВП на душу населення є ключовим показником економічного добробуту країни, що характеризує обсяг середнього доходу її громадян. Вищий ВВП на душу населення означає наявність більшого обсягу ресурсів, доступних для соціального розвитку та розвитку інфраструктури. Країни з вищим ВВП на душу населення часто вважають більш доцільним виділяти кошти на охорону здоров'я, освіту, чисту енергію та інші ініціативи, пов'язані з ЦСР. Цей показник особливо актуальний для ЦСР, які стосуються зменшення бідності, доступу до якісної освіти, доброго здоров'я та добробуту, а також зменшення нерівності.

Екологічне регулювання характеризує дотримання країною концепції екологічної стійкості, яка є центральною для кількох ЦСР, зокрема тих, які зосереджуються на відповідальному споживанні та виробництві, заходах щодо клімату, житті під водою та житті на суші. Суворі екологічні норми означають, що країна вживає заходів для зменшення забруднення, збереження природних ресурсів і боротьби зі зміною клімату. Ці дії мають вирішальне значення для збереження навколишнього середовища для майбутніх поколінь і узгодження з ЦСР, які стосуються екологічних проблем.

Для дослідження впливу рівня координації між цифровим бізнесом і цифровим управлінням на індекс ЦСР, будуть використані панельні дані за період з 2013 по 2020 роки, для 22 країни ЄС. Вибір даного періоду часу обумовлений наявністю даних для змінних, що аналізуються. Опис обраних змінних наведено в таблиці 2.25.

Таблиця 2.25 – Описова статистика

Змінні	Середнє	Стандартне відхилення	Мінімум	Максимум
GDP	35528,690	24286,830	8969,149	123678,700
TO	126,612	65,624	54,868	380,104
EnvReg	0,695	0,268	0,200	1,500
KE	59,605	24,547	5,000	100,857
DPb	64,420	17,719	16,000	100,786
DPc	49,039	19,911	12,000	89,000
E1	19,644	8,079	5,500	46,800
E2	17,126	7,923	3,300	42,800
E3	11,482	5,022	3,267	27,900

Наведені в таблиці 2.26 результати емпіричних розрахунків характеризують стан цифровізації уряду в деяких європейських країнах. Метою аналізу є кількісна оцінка та порівняння рівня цифровізації в цих країнах на основі набору відповідних показників.

Таблиця 2.26 – Емпіричні результати розрахунку рівня цифровізації державного управління

Країна	Mean	SD	Min	Max	Країна	Mean	SD	Min	Max
Австрія	0,348	0,081	0,231	0,486	Латвія	0,089	0,042	0,024	0,144
Хорватія	0,383	0,082	0,281	0,525	Литва	0,437	0,051	0,374	0,542
Чехія	0,537	0,054	0,453	0,613	Люксембург	0,242	0,044	0,163	0,295
Данія	0,486	0,083	0,370	0,648	Нідерланди	0,455	0,044	0,376	0,513
Естонія	0,227	0,079	0,095	0,330	Польща	0,215	0,049	0,169	0,302
Фінляндія	0,489	0,078	0,402	0,602	Португалія	0,211	0,051	0,120	0,286
Франція	0,333	0,061	0,244	0,408	Румунія	0,098	0,124	0,030	0,402
Німеччина	0,468	0,104	0,330	0,616	Словаччина	0,252	0,048	0,162	0,292
Угорщина	0,175	0,052	0,111	0,262	Словенія	0,249	0,075	0,094	0,351
Ірландія	0,783	0,141	0,590	0,998	Іспанія	0,303	0,080	0,187	0,436
Італія	0,076	0,051	0,004	0,151	Швеція	0,662	0,117	0,527	0,878

Дані включають середнє значення (average), стандартне відхилення (variability), мінімальне та максимальне значення для кожної країни, які досліджують ступінь цифровізації та мінливість у вибірці.

Середні значення аналізованих індикаторів дозволяють зробити висновки про загальну тенденцію зміни рівня цифровізації уряду в кожній країні. Вище середнє значення свідчить про вищий рівень цифровізації. Слід зазначити, що Ірландія (0,783) і Швеція (0,662) мають найвищі середні значення, що свідчить про вищий рівень цифровізації в їхніх державних системах. З іншого боку, Італія (0,076) і Румунія (0,098) демонструють набагато нижчі середні значення, що вказує на відносно нижчий рівень цифровізації їхніх державних послуг та інфраструктури. Крім того, Ірландія та Швеція з відносно високими середніми значеннями також демонструють вищі стандартні відхилення (0,141 та 0,117 відповідно). Це вказує на те, що, незважаючи на високий загальний рівень цифровізації, у різних сферах все ще існує мінливість або різноманітність її рівнів. Такі країни, як Італія та Румунія, з нижчими середніми значеннями, мають нижчі стандартні відхилення (0,051 і 0,124 відповідно). Це свідчить про більш послідовний, хоча й нижчий рівень цифровізації різних видів державних послуг.

З огляду на результати розрахунків (таблиця 2.27), найвище середнє значення має Естонія (0,843), що вказує на відносно розвинуте цифрове бізнес-середовище. Інші країни, такі як Данія (0,735) та Австрія (0,728), також демонструють високі середні значення, що свідчить про потужну присутність цифрового бізнесу та економіки в їхніх межах. І навпаки, такі країни, як Румунія (0,107) та Угорщина (0,246), мають значно нижчі середні значення, що відображає відносно нижчий рівень цифрового бізнесу та економічного розвитку.

Таблиця 2.27 – Емпіричні результати розрахунку рівня цифровізації бізнесу та економіки

Країна	Mean	SD	Min	Max	Країна	Mean	SD	Min	Max
Австрія	0,728	0,125	0,525	0,896	Латвія	0,762	0,065	0,637	0,838
Хорватія	0,261	0,070	0,169	0,358	Литва	0,534	0,075	0,404	0,632
Чехія	0,432	0,110	0,275	0,585	Люксембург	0,591	0,131	0,423	0,798
Данія	0,735	0,080	0,570	0,823	Нідерланди	0,652	0,131	0,442	0,830
Естонія	0,843	0,061	0,775	0,931	Польща	0,362	0,049	0,311	0,457
Фінляндія	0,753	0,035	0,710	0,801	Португалія	0,635	0,046	0,558	0,687
Франція	0,554	0,086	0,418	0,658	Румунія	0,107	0,049	0,064	0,180
Німеччина	0,477	0,069	0,390	0,603	Словаччина	0,333	0,155	0,148	0,544
Угорщина	0,246	0,115	0,125	0,405	Словенія	0,512	0,083	0,397	0,623
Ірландія	0,556	0,042	0,507	0,598	Іспанія	0,539	0,095	0,390	0,671
Італія	0,422	0,097	0,292	0,556	Швеція	0,725	0,062	0,619	0,818

Естонія, яка має найвище середнє значення рівня цифровізації бізнесу та економіки, демонструє відносно низьке стандартне відхилення (0,061), що вказує на відносно стабільно високий рівень цифровізації бізнесу та економічного розвитку в різних областях. В той же час, Словаччина (0,155) і Люксембург (0,131), незважаючи на вищі середні значення, мають вищі стандартні відхилення, що вказує на більшу варіативність або відмінності в цифровізації бізнесу та економічної діяльності в межах їхніх кордонів.

Крім того, результати емпіричних розрахунків (таблиця 2.28) засвідчують, що Швеція з найвищим максимальним значенням (0,953) має сильний зв'язок між цифровізацією уряду та цифровізацією бізнесу та економіки. Це свідчить про те, що певні регіони чи сектори Швеції досягли високого рівня синергії між зусиллями уряду щодо цифровізації та цифровізацією економічного розвитку. Країни з нижчими максимальними значеннями, Італія (0,698) і Румунія (0,694), мають відносно слабший зв'язок між показниками, навіть у регіонах чи секторах, де він найбільш помітний.

Швеція (середнє значення D становить 0,910), Данія (середнє значення D становить 0,873) і Фінляндія (середнє значення D становить 0,8759) демонструють відносно високі середні значення, що свідчить про суттєвий взаємозв'язок між цифровізацією уряду та цифровим бізнесом і економікою. (таблиця 2.29). Італія (0,1520) і Румунія (0,0754) мають найвищі стандартні

відхилення, що вказує на те, що існують варіації в силі зв'язку в цих країнах, можливо, в різних регіонах або секторах. І навпаки, Люксембург (0,0203) і Швеція (0,0269) мають нижчі стандартні відхилення, що свідчить про більш узгоджену силу зв'язку в різних областях.

Таблиця 2.28 – Результати розрахунку зв'язку між цифровізацією уряду та цифровим бізнесом та економікою

Країна	V	Mean	SD	Min	Max	Country	V	Mean	SD	Min	Max
Австрія	C	0,933	0,023	0,892	0,955	Латвія	C	0,586	0,121	0,360	0,712
	T	0,731	0,069	0,635	0,831		T	0,651	0,040	0,581	0,701
	D	0,825	0,044	0,758	0,891		D	0,616	0,083	0,466	0,704
Хорватія	C	0,972	0,035	0,908	1,000	Литва	C	0,993	0,005	0,986	0,999
	T	0,565	0,054	0,513	0,665		T	0,696	0,039	0,639	0,749
	D	0,741	0,040	0,699	0,808		D	0,831	0,023	0,798	0,865
Чехія	C	0,984	0,024	0,936	1,000	Люксембург	C	0,900	0,074	0,769	0,983
	T	0,695	0,043	0,651	0,759		T	0,644	0,040	0,598	0,709
	D	0,826	0,033	0,781	0,871		D	0,760	0,020	0,719	0,779
Данія	C	0,977	0,014	0,954	0,993	Нідерланди	C	0,983	0,013	0,965	0,999
	T	0,780	0,046	0,713	0,858		T	0,742	0,056	0,640	0,811
	D	0,873	0,029	0,833	0,923		D	0,853	0,029	0,799	0,884
Естонія	C	0,800	0,096	0,613	0,898	Польща	C	0,960	0,030	0,903	0,994
	T	0,731	0,036	0,672	0,787		T	0,536	0,033	0,490	0,583
	D	0,764	0,061	0,642	0,834		D	0,717	0,025	0,684	0,761
Фінляндія	C	0,974	0,015	0,954	0,990	Португалія	C	0,857	0,054	0,763	0,918
	T	0,788	0,031	0,752	0,836		T	0,650	0,032	0,582	0,688
	D	0,876	0,023	0,848	0,910		D	0,746	0,039	0,667	0,795
Франція	C	0,966	0,019	0,937	0,992	Румунія	C	0,938	0,061	0,824	0,998
	T	0,664	0,050	0,577	0,717		T	0,306	0,101	0,221	0,531
	D	0,800	0,033	0,747	0,837		D	0,529	0,075	0,452	0,694
Німеччина	C	0,991	0,009	0,974	1,000	Словаччина	C	0,967	0,031	0,901	0,999
	T	0,686	0,044	0,643	0,781		T	0,536	0,081	0,394	0,645
	D	0,824	0,028	0,797	0,884		D	0,717	0,052	0,628	0,783
Угорщина	C	0,986	0,014	0,960	1,000	Словенія	C	0,926	0,057	0,787	0,961
	T	0,451	0,090	0,348	0,578		T	0,614	0,063	0,496	0,696
	D	0,664	0,062	0,589	0,751		D	0,753	0,058	0,625	0,818
Ірландія	C	0,984	0,013	0,966	0,999	Іспанія	C	0,957	0,013	0,936	0,977
	T	0,817	0,049	0,741	0,890		T	0,646	0,068	0,537	0,744
	D	0,896	0,023	0,860	0,927		D	0,785	0,047	0,709	0,853
Італія	C	0,632	0,238	0,230	0,820	Швеція	C	0,997	0,004	0,989	1,000
	T	0,494	0,075	0,386	0,595		T	0,832	0,048	0,764	0,910
	D	0,553	0,152	0,302	0,698		D	0,910	0,027	0,873	0,953

Примітка: V – змінна; D – величина зчеплення; C – числове значення координатії; T – кількісне значення рівня координатії для цифровізації уряду та цифрового бізнесу.

В таблиці 2.29 наведені результати перевірки даних на стаціонарність. Результати тесту Левіна–Ліня–Чу свідчать про те, що всі вибрані змінні є стаціонарними. Однак тести Ім-Пезарана-Шина та Філіпса-Перрона для Coord, GDP, TO та EnvReg не є статистично значущими. Це свідчить про те, що ці тести не дозволяють зробити однозначного висновку про стаціонарність даних. Результати тесту CIPS підтверджують стаціонарність для всіх змінних.

Таблиця 2.29 – Результати тестів одиничного кореня (Im, Pesaran, IPS і Augmented Dickey-Fuller (ADF))

Змінні	Levin–Lin–Chu		Im–Pesaran–Shin		Phillips–Perron		CIPS
	Statistic	p value	Statistic	p value	Statistic	p value	Statistic
Coord	-15,237	0,000	0,810	0,791	0,425	0,336	-2,117
GDP	-10,196	0,000	0,294	0,616	-1,885	0,970	-0,575
TO	-4,949	0,000	-0,609	0,271	-0,622	0,733	-1,748
EnvReg	-3,811	0,000	-3,284	0,001	0,558	0,289	-1,625
Δ Coord	-12,449	0,000	-4,436	0,000	20,054	0,000	-2,421**
Δ GDP	-25,822	0,000	-2,587	0,005	12,270	0,000	-2,455*
Δ TO	-19,249	0,000	-2,132	0,017	3,512	0,000	-2,335*
Δ EnvReg	-5,633	0,000	-3,619	0,000	11,676	0,000	-2,463*

Примітка: *, ** – статистична значущість при 1% і 5%; Coord – координація зв'язку між цифровізацією уряду та цифровим бізнесом та економікою; ВВП – валовий внутрішній продукт на душу населення; TO – відкритість торгівлі; EnvReg – екологічне регулювання; Δ – Coord, GDP, TO та EnvReg у їхніх перших відмінностях.

Результати для різних змінних (Δ Coord, Δ GDP, Δ TO, Δ EnvReg) також вказують на те, що вони є стаціонарними, оскільки тестова статистика негативна та значуща (таблиця 2.30). Це дозволяє провести наступний етап дослідження – пробу Пезарана.

Враховуючи наведені в таблиці 6 результати можна зробити висновок про наявність значного рівня перехресної залежності між вибраними змінними. Це свідчить про незалежність змінних, та вплив не їх значень загальних факторів або взаємодії в поперечних перерізах. Наприклад, статистичні значення CD-тесту для SDG, Coord, GDP, TO та EnvReg є достатньо високими, що вказує на наявність перехресної залежності.

Таблиця 2.30 – Результати тесту Пезаран

Змінні	CD-test	p value	mean ρ	mean abs(ρ)
SDG	30,214	0,000	0,70	0,72
Coord	24,043	0,000	0,56	0,69
GDP	30,631	0,000	0,71	0,73
TO	13,761	0,000	0,32	0,49
EnvReg	12,724	0,000	0,30	0,41

Результати тесту Као (таблиця 2.31) показують, що для модифікованої t-статистики Дікі-Фуллера та розширеної t-статистики Дікі-Фуллера значення p перевищують загальний рівень значущості 0,05 ($p > 0,05$). Це свідчить про те, що з високим рівнем статистичної значущості можна стверджувати про коінтеграцію даних. В той же час, значення t-статистики Дікі-Фуллера, нескоригованої модифікованої t-статистики Дікі-Фуллера та нескоригованої t-статистики Дікі-Фуллера є меншими за критичне 0,05 ($p < 0,05$) та також підтверджують наявність коінтеграції рядів даних.

Таблиця 2.31 – Результати тесту на коінтеграцію

Kao test	Statistic	p value	Pedroni test	Statistic	P value
Modified Dickey-Fuller t	1,322	0,093	Modified Phillips-Perron t	6,183	0,000
Dickey-Fuller t	-3,194	0,001	Phillips-Perron t	-21,235	0,000
Augmented Dickey-Fuller t	2,424	0,008	Augmented Dickey-Fuller t	-14,761	0,000
Unadjusted modified Dickey-Fuller t	-2,288	0,011	Westerlund	Statistic	P value
Unadjusted Dickey-Fuller t	-6,121	0,000	Variance ratio	2,382	0,009

На відміну від тесту Као, результати тесту Педроні свідчать про наявність коінтеграції між показниками. Усі статистичні дані засвідчують високі значення p рівня ($p < 0,05$), що вказує на наявність коінтеграції. Модифікована статистика Філіпса-Перрона t і Філіпса-Перрона t додатково підтверджує існування коінтеграції між показниками ($p < 0,001$).

Результати тесту на мультиколінеарність відображено в таблиці 2.32. Коефіцієнт інфляції дисперсії (VIF) для всіх змінних у наборі даних менше 5, що вказує на відсутність проблем із мультиколінеарністю у вибірці.

Таблиця 2.32 – Результати розрахунку коефіцієнт інфляції дисперсії (VIF)

Змінна	VIF	1/VIF
Coord	1,430	0,697
GDP	1,350	0,742
TO	1,130	0,883
EnvReg	1,080	0,925
Mean VIF	1,250	

Результати тесту Вулдріджа на автокореляцію в панельних даних (таблиця 2.33) свідчать про те, щонайменше автокореляція у аналізованих змінних. Низькі значення p , пов'язані з F -статистикою, свідчать про недостовірність нульової гіпотези та підтверджують наявність автокореляції між показниками.

Таблиця 2.33 – Результати розрахунку автокореляції даних за допомогою тесту Вулдріджа

Змінна	F-statistics	Prob > F
SDG	70,414	0,000
Coord	62,169	0,000
GDP	190,497	0,000
TO	51,996	0,000
EnvReg	13,195	0,002

Перший рядок таблиці 2.34 зі значенням «Дельта» 2,244 і значенням p - 0,025 вказує на статистично значущу різницю в нахилах між порівнюваними групами. Другий рядок із значенням «Дельта» - 3,664 і значенням p - 0,000 також підтверджує наявність суттєвої різниці в нахилах між групами. Ці результати свідчать про наявність неоднорідності нахилу в досліджуваній

регресійній моделі, що означає, що зв'язок між змінними та залежною змінною суттєво різниться між різними групами чи об'єктами в наборі панельних даних.

Таблиця 2.34 – Результати перевірки неоднорідності схилу

	Delta	p value
Delta	2,244	0,025
adjusted delta	3,664	0,000

У таблиці 2.35 наведені значення попарних коефіцієнтів кореляції між досліджуваними змінними. ЦСР демонструють помірну позитивну кореляцію з Coord і EnvReg, що вказує на те, що вищі показники SDG пов'язані з підвищенням Coord і більш суворим EnvReg.

Таблиця 2.35 – Значення попарних кореляцій між SDG, Coord, GDP, TO, EnvReg

	SDG	Coord	GDP	TO	EnvReg
SDG	1,000				
Coord	0,504	1,000			
GDP	0,423	0,494	1,000		
TO	0,346	0,160	0,189	1,000	
EnvReg	0,558	0,292	0,154	0,127	1,000

Крім того, Coord позитивно корелює з валовим внутрішнім продуктом (ВВП), що свідчить про те, що краща координація пов'язана з вищим економічним результатом. Взаємозв'язок між ВВП та іншими змінними, а також між відкритістю торгівлі (ТО) і екологічними нормами (EnvReg) є відносно слабким.

Грунтуючись на результатах діагностичних тестів можна зробити висновок про те, що вибіркові дані демонструють проблеми, пов'язані з перехресною залежністю, автокореляцією та неоднорідністю. За наявності перехресної залежності, автокореляції та неоднорідності в панельних даних, підхід стандартних помилок, виправлених панеллю (PCSE), є більш доцільним для використання. Цей метод ефективно усуває залежність між індикаторами

шляхом коригування стандартних помилок, забезпечуючи незалежність спостережень. Крім того, він враховує автокореляцію, виправляючи помилки в часі, зберігаючи валідність статистичних тестів. У таблиці 2.36 наведено узагальненні результатів розрахунків, що отримані за допомогою підходу стандартних помилок, виправлених панеллю, фіксованих ефектів і випадкових ефектів.

Таблиця 2.36 – Результати розрахунків для PCSE, FE та RE підходів

Змінні	PCSE	FE	RE
Coord	0,054* (0,0097)	0,037* (0,0073)	0.038* (0.0074)
GDP	0,022* (0,0028)	0,041* (0,0067)	0.035* (0.0058)
TO	0,027* (0,0039)	0,035** (0,0135)	0.036** (0.0139)
EnvReg	0,022* (0,0051)	-0,001 (0,0036)	0.001 (0.0037)
const	4,279* (0,0330)	3,963* (0,0693)	4.031 (0.0603)
Number of observations	176	154	154
R-squared	0,999	0,432	0.429
rho	0,655	0,963	0.948
Wald chi2	1193,59	24,37	97.60
Prob > chi2	0,000	0,000	0.000
Hausman Test chi2	–	2,41	
Prob>chi2	–	0,6604	

Примітка: *, ** – статистична значущість при 1% і 5%; стандартні помилки в дужках.

Результати, отримані за допомогою підходу стандартних помилок, виправлених панеллю (PCSE), показують, що рівень координації між цифровим бізнесом і цифровим управлінням значно підвищує індекс цілей сталого розвитку (ЦСР). Зокрема, коефіцієнт, пов'язаний з рівнем координації, вказує на те, що збільшення показника Coord на одну одиницю відповідає помітному зростанню індексу SDG на 5,4%. Даний коефіцієнт є статистично значущим на рівні 1%, особливо серед країн Європейського Союзу (ЄС). Підвищення індексу SDG є наслідком узгоджених зусиль щодо інтеграції цифрових технологій у діяльність як державного, так і приватного секторів. Тісна співпраця між

цифровим бізнесом і урядом у країнах ЄС сприяла спрощенню процедур надання цифрових послуг, покращенню якості державного управління та більшій ефективності процесів, що реалізуються в країні. У результаті громадяни та підприємства отримують вигоду від розширеного доступу до цифрових державних послуг, а дотримання нормативних вимог стає більш раціональним, що сприяє економічному зростанню та екологічній стійкості країни. Ця синергія зрештою сприяє досягненню ЦСР, підкреслюючи ключову роль цифрової координації в просуванні сталого розвитку.

Крім того, результати оцінки демонструють позитивний та статистично значущий вплив ВВП на душу населення на індекс Цілей сталого розвитку (ЦСР). Згідно з результатами розрахунків, збільшення ВВП на душу населення на одну одиницю призводить до покращення індексу ЦСР на 2,2% у всіх аналізованих країнах. Отримані результати щодо впливу ВВП відображають ключову роль економічного зростання в досягненні Цілей сталого розвитку. Зростання ВВП на душу населення означає підвищення рівня життя, розширення доступу до ресурсів і збільшення фінансової спроможності інвестувати в ініціативи, які відповідають ЦСР. Це, у свою чергу, сприяє загальному підвищенню індексу ЦСР, підкреслюючи взаємозв'язок економічного добробуту та досягнення цілей сталого розвитку. Крім того, регресійний аналіз показує, що відкритість торгівлі має позитивний і значний вплив на індекс Цілей сталого розвитку (ЦСР).

Позитивний вплив відкритості торгівлі на індекс ЦСР підкреслює потенційні переваги міжнародної торгівлі для досягнення цілей сталого розвитку. Це свідчить про те, що країни, які активно беруть участь у глобальній торговій діяльності, мають тенденцію до економічного зростання, розширення доступу до різноманітних ресурсів і розширення можливостей для співпраці та інновацій. Крім того, отримані за моделями фіксованих і випадкових ефектів результати свідчать про те, що рівень координації між цифровим бізнесом і цифровим управлінням значно покращує індекс Цілей сталого розвитку (ЦСР). Зокрема, коефіцієнт, пов'язаний з рівнем координації, свідчить про те, що

збільшення показника Coord на одну одиницю відповідає значенню 3,7% у моделі фіксованих ефектів і 3,8% у моделі випадкових ефектів. Незважаючи на це, індикатор EnvReg демонструє різний вплив на індекс SDG у моделях фіксованих і випадкових ефектів, незважаючи на те, що цей коефіцієнт не є статистично значущим.

На наступному етапі дослідженні було проведено перевірку даних з використанням двоетапного методу найменших квадратів (2SLS), який ефективно вирішує проблему ендогенності. Індикатор обсягу науково-дослідних та дослідно-конструкторських робіт (НДДКР) було включено в модель (1).

Наведені в таблиці 2.37 отримані за допомогою двоетапного методу найменших квадратів 2SLS індикатори підтверджують статистичну значущість отриманих результатів (P-значення з тесту недостатньої ідентифікації (K-P rk LM)) на пороговому значенні 1%, тоді як статистичний показник для тесту слабкої ідентифікації (K-P rk Wald F) помітно перевищує критичне значення. Крім того, p-значення тесту Дурбіна-Ву-Хаусмана (DWH) підтверджує наявність ендогенності. Результати цих трьох оцінок разом підтверджують доречність застосування методу 2SLS для вирішення ендогенних проблем.

Таблиця 2.37 – Результати розрахунків для підходу 2SLS

Змінні	2SLS
Coord	0,047* (0,0085)
Контрольні змінні	Yes
const	4,134* (0,0564)
Кількість спостережень	176
K-P rk LM	18,101
K-P rk Wald F	19,343
DWH test	121,596

Примітка: *, ** – статистична значущість при 1% і 5%; стандартні помилки в дужках.

Крім того, як показано в таблиці 13, розрахований коефіцієнт для координації між цифровим бізнесом і цифровим управлінням є позитивним. Це

спостереження ще раз підтверджує основні висновки цього дослідження, наголошуючи на тому, що координація між цифровим бізнесом і цифровим управлінням значно покращує індекс Цілей сталого розвитку (ЦСР).

Таким чином, результати дослідження підтверджують важливу роль цифровізації для розвитку економіки в сучасних умовах і дозволяє зробити висновок про необхідність розробки індивідуальних стратегій для прийняття обґрунтованих рішень.

2.5 Стійкість країн світу до кібервзломів: оцінка інтегрального рівня та впливу поширеності Інтернету та мобільного зв'язку

Враховуючи, що цифрові технології сьогодні опосередковують всі бізнес-процеси, сферу публічного управління та звичайну поточну діяльність домогосподарств, першочерговим завданням є забезпечення надійного захисту як персональних даних, так і економічної інформації від кібервзломів. Постійними цілями для зловмисних кібератак сьогодні стають державні та міжнародні організації, критично важливі об'єкти інфраструктури, заклади охорони здоров'я, компанії, корпорації і некомерційні організації. Суспільні та економічні системи стають все більш залежними від цифрових систем і технологій, заснованих на даних, що значно збільшує потенційний вплив кібератак на макроекономічну стабільність. Пандемія COVID-19 лише підсилила цю тенденцію та відкрила нові вразливості систем кібербезпеки, оскільки масштаби віддаленої роботи та використання віртуальних середовищ ведення бізнесу суттєво зросли.

За звітними даними Центру скарг на злочини в Інтернеті Федерального бюро розслідувань США, у 2022 році потенційна загальна втрата від кібервзломів та викрадень інформації склала понад 10,2 мільярда доларів США (для порівняння – у 2021 році вона становила 6,9 мільярда доларів США). Цей Центр у 2022 році отримав 800 944 скарги, з яких 870 скарг – від організацій,

що належать до сектора критичної інфраструктури та стали жертвами атаки програм-вимагачів. У 14 секторах, що відносяться до критичних секторів інфраструктури (з 16 можливих) цей Центр зафіксував у своїй у звітності принаймні 1 учасника, став жертвою атаки програм-вимагачів у 2022 році (рисунок 2.9).

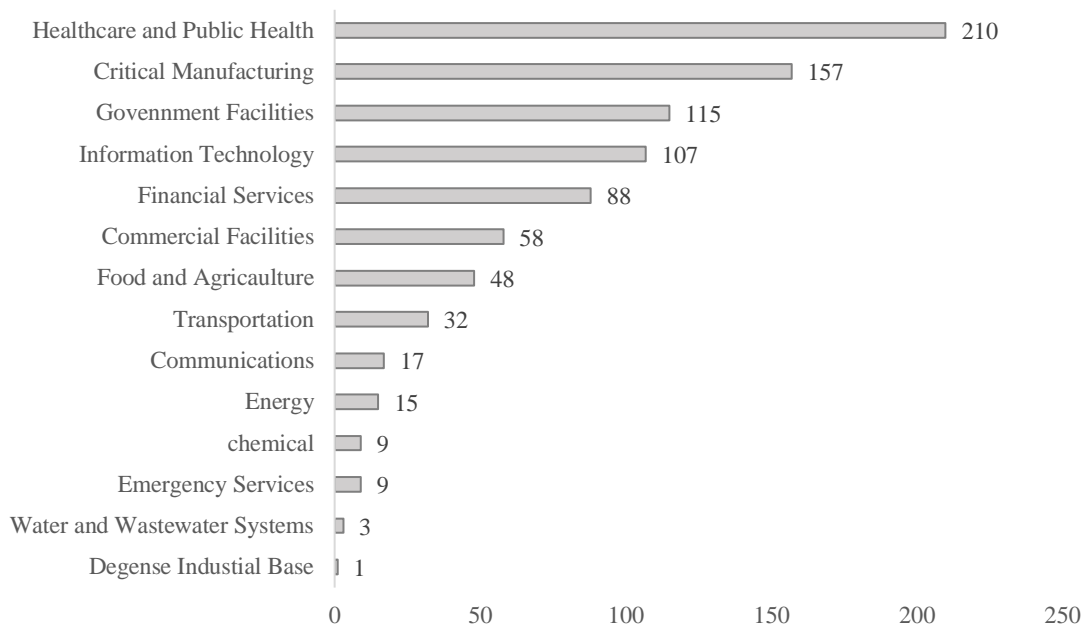


Рисунок 2.9 – Сектори інфраструктури, що постраждали від програм-вимагачів.

Джерело: [76]

Ця тенденція підтверджується й прогнозами, викладеними у звіті Statista Cybersecurity Outlook, згідно з яким очікується значне зростання впливу кіберзлочинності на світову економіку протягом 2023-2027 років. Цей прогноз передбачає зростання вартості кіберзлочинів з 8,44 трильйонів доларів США у 2022 році до 23,84 трильйонів доларів США у 2027 році (рисунок 2.10).

Статистична інформація Євростату свідчить про те, що в країнах Європейського Союзу активно впроваджуються заходи з кібербезпеки. Серед найбільш популярних – автентифікація з безпечним паролем (відсоток такого типу автентифікацій у їх загальній кількості складає 82,2%), резервного копіювання даних (77,6%) та контролю доступу до мережі (64,9%); серед

найменш популярних – біометрична автентифікація (13,5%) і поєднання механізмів автентифікації (31%) (рисунок 2.11).

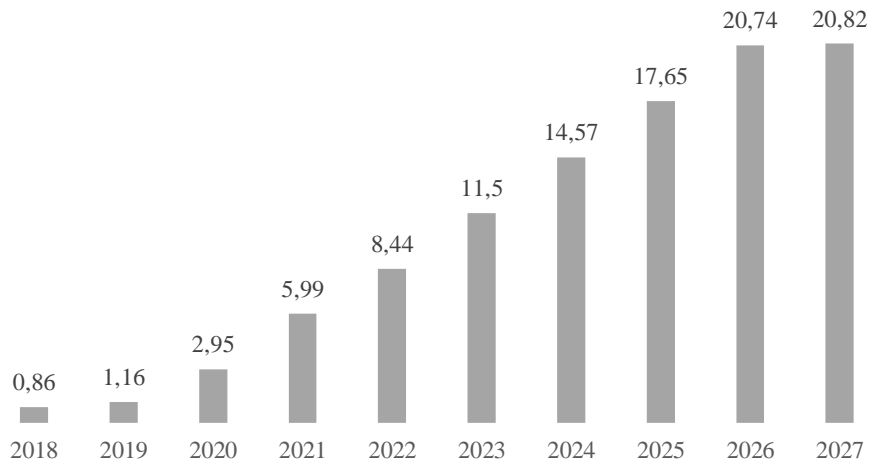
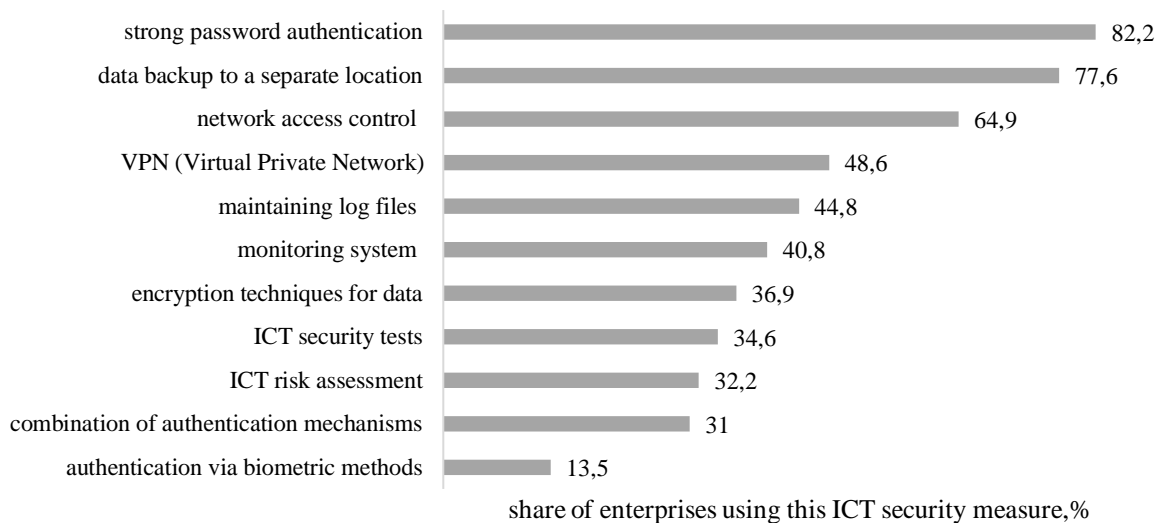


Рисунок 2.10 – Очікувана вартість кіберзлочинів у світі протягом 2018-2027 років, трильйонів дол. США. Джерело: створено на основі звіту Statista Cybersecurity Outlook [77]



*в аналіз включені лише підприємства, що мають більше 10 співробітників

*аналіз здійснено по 27 країнам Європейського Союзу

Рисунок 2.11 – Популярність заходів з підвищення кібербезпеки у 2022 р. на підприємствах країн, статистична інформація по яким представлена на сайті Євростату. Джерело: [78]

Серед країн, статистична інформація по яким представлена на сайті Євростату, найбільш активними щодо запровадження заходів кібербезпеки є Фінляндія, Данія та Німеччина (такі заходи запроваджують більше 96% підприємств, а найменш активними – Чорногорія та Північна Македонія (62% підприємств) (рисунок 2.12).

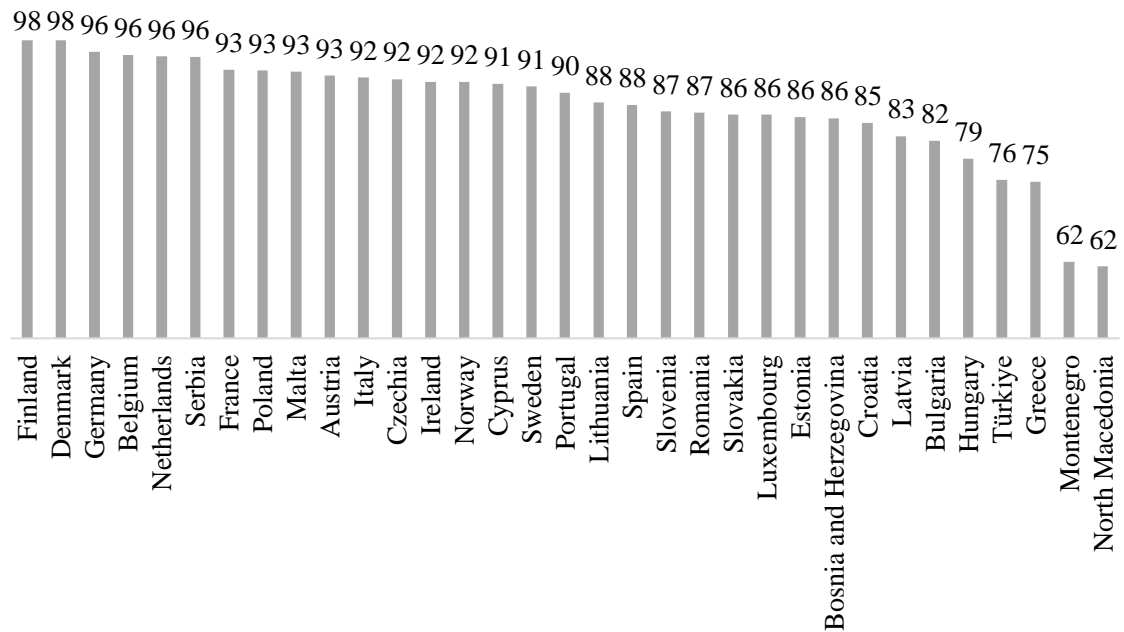


Рисунок 2.12 – Відсоток підприємств (які мають більше 10 працівників), які використовують будь-які заходи кібербезпеки, статистична інформація по яким представлена на сайті Євростату.

Джерело: створено на основі даних [78-79]

Статистичні дані, зібрані VPN-сервісом Surfshark, демонструють вражаючі темпи зростання доходів кіберзлочинців: якщо в 2015 році за документованими статистичними даними було викрадено різноманітними способами 688 млн. дол., то у 2022 році цей обсяг складає вже 6 376 млн. дол. [80].

Питання, пов'язані із боротьбою з кіберзлочинами, активно досліджуються науковцями різних країн світу на різних рівнях узагальнення.

Значна кількість наукових праць розглядають питання забезпечення кібербезпеки на міжнародному рівні, з погляду наднаціональних інституцій та

регуляторів, а також з позиції підвищення кіберстійкості окремих країн. Так, наприклад, М. Доусон [81] наголошує на важливості створення політики національної кібербезпеки, поєднання зусиль різних країн для формування міжнародних мереж забезпечення стійкого захисту конфіденційних даних користувачів. О. Кужур та ін. [82] розробили економетричну модель, що розглядає вплив інтегральних показників рівня національної кібербезпеки, легкості ведення бізнесу та індексу протидії відмиванню грошей на рівень цифрового розвитку країни. О. Пахненко та ін. [83] дослідили основні групи етичних проблем, що виникають на рівні управління державою у зв'язку з використанням цифрових технологій. Н. Тагієва та ін. [84] розглядають питання цифрового розвитку країни та забезпечення кібербезпеки у взаємозв'язку з економічним зростанням та окремими аспектами розвитку фінансового сектору. А. Єралієва та ін. [85] досліджують механізми формування відповідних політик, стратегій та нормативних актів, які врегульовують забезпечення безпеки цифрового простору.

Значна кількість наукових досліджень пов'язують питання кібербезпеки та захисту від кіберзломів з питаннями незаконного відмивання коштів, тінізації економіки тощо. З'явився навіть окремий науковий напрямок - цифрова криміналістика, що розкриває кібер- та цифрові злочини, збираючи цифрові докази існування незаконної діяльності [86]. Правові аспекти цифрових злочинів, що передбачають використання мобільних телефонів, комп'ютерів та Інтернету в незаконних діях, викладені в роботі У роботах [87, 88] здійснено прогнозування інформаційних трендів, пов'язаних з кібератаками, які розглядаються як наслідки кіберзлочинів, що відображаються в Інтернеті.

Окремі дослідження розглядають питання захисту від кіберзломів і на мікрорівні, тобто з позиції кібербезпеки окремих суб'єктів бізнесу. У цьому контексті важливим є дотримання принципів корпоративної цифрової відповідальності [89]. Цікавими є результати опитування представників, наприклад, банківського бізнесу, викладені в роботі [90], які окреслити

конкретні практичні заходи щодо запобігання кіберзлочинам. Цікавий підхід до формування інтегрального показника кібербезпеки компанії викладено в роботі [91].

Інтелектуалізація бізнесу та суспільних відносин висуває нові вимоги до забезпечення кібербезпеки. Так, наприклад, Д. Саракоглу [92] досліджує нові шляхи до кіберзломів та кіберзлочинів, які виникли внаслідок появи технологій доповненої реальності (AR), віртуальної реальності (VR), хмарних технологій AR, Інтернету речей (IoT), технологій 5G тощо. О. Кужур [93] досліджували зв'язок процесів інтелектуалізації людського капіталу з безпекою цифрового простору, а Мельник Л. [94] та М. Хабенко [95] наголошують на важливій ролі цифрової освіти у цих процесах. У роботі [96] досліджено вплив соціальних мереж на розвиток кіберринку та поведінкові аспекти, пов'язані із забезпеченням безпеки при обміні інформацією у кіберпросторі.

Для визначення загальних напрямків наукових досліджень з питань, пов'язаних із забезпечення кібербезпеки в цілому та захистом від кіберзломів зокрема, здійснено бібліометричний аналіз за допомогою програмного пакету Vosviewer. Лише за останні три роки (з 2019 року по 2022 рік) базою даних Scopus проіндексовано 2157 публікацій, що стосуються кібербезпеки та стійкості до кіберзломів. Для кластеризації за ключовими словами у наукових публікаціях використано вибірку з перших 2000 записів, знайдених пошуковою системою бази даних Scopus (рисунк. 2.13).

В результаті бібліометричного аналізу сформовано 8 кластерів, аналіз яких дозволяє скласти загальне уявлення про розвиток наукової думки з досліджуваної проблематики.

Перший кластер охоплює наукові дослідження з питань оцінювання кібербезпеки в бізнесі, банківському секторі на основі методології ризик-менеджменту, поведінкового аналізу, дослідження поведінкових факторів, структурного моделювання, формування програм обізнаності, культуру інформаційної безпеки, персонального навчання, огляд літератури та тренування, мотиваційної теорії захисту.

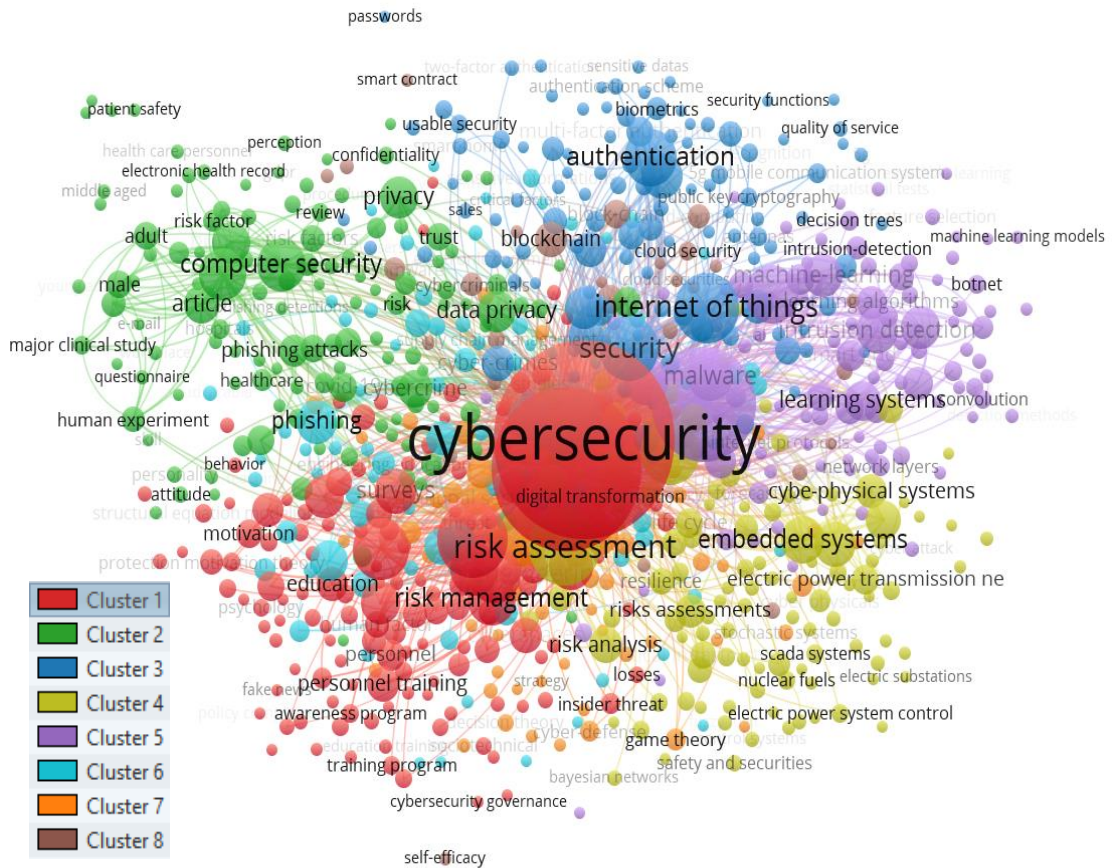


Рисунок 2.13 – Граф ключових слів, що характеризують оцінку кібербезпеки. Джерело: створено за допомогою інструментарію Vosviewer

До другого кластеру потрапили наукові напрацювання, присвячені кібербезпеці в галузі охорони здоров'я. Зокрема, досліджуються питання електронної медичної книжки, симуляцій, контрольованого навчання, адаптації та сприйняття ризикових ситуацій в залежності від віку та статі осіб, факторів ризику, пов'язаних з телемедициною, електронною поштою, дизайном програмного забезпечення, екологічних технологій та інфраструктури, міжнародних стандартів.

У третьому кластері синтезовані тематики наукових досліджень, пов'язані із конкретними технологіями кіберзахисту, зокрема – із мобільним зв'язком 5G, хмарні сервіси, прикладним програмним забезпеченням, авторизацією, особливостями багатфакторної автентифікації (протоколами, механізмами, девайсами, системами, схемами), обчислювальною теорією,

когнітивними системами, контролем доступу, криптографією, аналізом та передачею даних, цифровим збереженням, апаратною безпекою, Інтернетом речей, організації безпеки автентифікації, безпеки менеджменту, рішень, операцій, вимог, використанню розумних мереж, квантових обчислень.

Четвертий кластер охоплює тематику, пов'язану із використанням та обробкою цифрових даних як на рівні пристроїв та систем, так і на рівні математико-інженерних методів та прикладних пакетів: збір даних, цифрові пристрої, розподілені комп'ютерні системи, мережеві протоколи, моніторинг, вбудовані системи, нечітка логіка, теорія графів, Matlab, кіберфізична система, кібератаки, кіберстійкість, кіберфізична безпека, кіберуразливості.

В межах п'ятого кластеру поєднані наукові напрацювання вчених, які присвятили свої праці методам підвищення цифрової грамотності, застосуванню цифрових технологій в процесі прийняття рішень, зокрема: глибокому навчанню, обробці даних, веб-додаткам, деревам рішень, обчислювальному моделюванню, складним мережам, інтелектуальному аналізу даних, кластеризації k-середніх, машинному навчанню, глибокому нейронному навчанню, виділенню функцій, вибору, продуктивності, прогнозуванню, промисловості 4.0.

Тематика шостого кластеру стосується аспектів кібербезпеки з позицій виявлення фішингу та комп'ютерної злочинності, зловмисної поведінки, організації безпеки комп'ютерної мережі, інсайдерських загроз, розвідки загроз, цифрової криміналістики, використання розвідувальних систем кібербезпеки, ролі комп'ютерних ігор та гейміфікацій, проведення тренінгів з кібербезпеки та навчання з кібербезпеки, інженерної освіти, е-навчання, ітераційних методів, візуалізації даних, цифрових доказів, аналізу інформації, конфіденційної інформації, тестування програмного забезпечення, теоретичного моделювання.

Сьомий кластер інтегрує наукові здобутки у напрямках, що пов'язані з бюджетом та фінансами для організації заходів кібербезпеки: бюджетний контроль, економічна ефективність, нарощування потенціалу, формування

політики, планування, відповідність нормативним вимогам, залучення автономних агентів, навчання з підкріпленням, оптимізація.

У восьмому кластері згруповані дослідження щодо використання технології блокчейну, криптовалют, біткоїну, електронних гаманців, які теж є невід'ємною складовою кіберпростору та цифрової безпеки.

Дослідження інтегрального рівня та впливу поширеності Інтернету та мобільного зв'язку буде проведено у 4 етапи.

На першому етапі визначається перелік показників, за допомогою яких можна охарактеризувати стійкість країни до кіберзломів, поширеність використання Інтернету та мобільного зв'язку. На цьому етапі здійснюється збір статистичних даних, їх систематизація та нормалізація.

Для характеристики поширеності використання Інтернету та мобільного зв'язку в країні пропонується використати показники, що публікуються щорічно Міжнародною спілкою електрозв'язку:

- активні абоненти мобільного широкосмугового зв'язку на 100 жителів (показник, що відображає рівень доступності мобільного широкосмугового інтернету в країні; він розраховується як відношення кількості активних абонентів мобільного широкосмугового зв'язку до загальної кількості населення),
- кошик мобільного широкосмугового зв'язку, (% від ВНД на душу населення (індикатор, що показує, скільки відсотків ВНД на душу населення витрачається на мобільний широкосмуговий доступ; він розраховується як відношення середньомісячної вартості мобільного широкосмугового доступу до середньомісячного ВНД на душу населення),
- кількість підписок на мобільний стільниковий зв'язок (на 100 жителів) (показник, що характеризує рівень підписок на мобільний зв'язок в країні; він показує, скільки людей зі 100 мають підписку на тарифний план мобільного зв'язку),

- загальна кількість підписок (показник, що характеризує кількість всіх підписок на фіксований широкосмуговий зв'язок в країні).

Для характеристики рівня стійкості країни до кіберзломів пропонується використати показники, що публікуються VPN-сервісом Surfshark:

- зламані облікові записи (облікові записи, до яких було отримано несанкціонований доступ третьою особою),
- проникнення в Інтернет (ймовірність стати жертвою конкретного кіберзлочину, вимірювалася шляхом порівняння кількості конкретних подій кіберзлочинів із загальною кількістю можливих випадків. Ймовірність виражена у %, щоб відповідати шкалі, де найвища ймовірність дорівнює 100%. Діапазон 0-20% вважається дуже низькою, 20-40% – низькою, 40-60% – середньою, 60-80% – високою, 80-100% – дуже високою ймовірністю),
- щільність порушень (показник, що вимірює кількість облікових записів, які були викрадені, на 1000 користувачів).

Об'єктами дослідження є 143 країни світу, вибірка яких обумовлена наявністю статистичних даних за 2022 рік у базах даних VPN-сервіс Surfshark, Міжнародної спілки електрозв'язку. Оскільки показники дослідження виражені в різних одиницях виміру або шкалах, то для забезпечення логічної цілісності та адекватності моделювання необхідна **нормалізація** даних. Від якості функції перетворення також суттєво залежить результат. У цьому дослідженні для процедури нормалізації використано функцію логарифмічної модифікації (2.9), що в своєму складі використовує медіанні значення вхідних показників (тобто є стійкими до викидів), підвищує надійність подальших розрахунків та етапів моделювання [97]:

$$N = \frac{1}{(1 + e^{-3 \frac{(x_i - med)}{(max - med)}})} \quad (2.9)$$

де N – стандартизоване значення;

x – поточне значення показника, що нормалізується;

med – значення медіани показників стійкості до кіберзломів та показників, що на них впливають для всіх країн;

max – максимальне значення відповідних показників для всіх країн.

На другому етапі нормалізовані дані показників, які обрані для характеристики рівня стійкості країни до кіберзломів, узагальнюються в межах єдиного інтегрального індикатора на основі середньозваженої геометричної (2.10):

$$I_p = \sum n_j \sqrt{\prod_{j=1}^3 K_i^{n_j}}, \quad (2.10)$$

де I_p – інтегральний показник стійкості до кіберзломів для країни p ;

$\sum n_j$ – загальна сума частот;

K_i – досліджуваний показник, що характеризує стан стійкості до кіберзломів i -країни ($i = \overline{1, \dots, 143}$);

n_j – частота групування (ваговий коефіцієнт). Для кожної країни в даному дослідженні $n_j = 1$.

На третьому етапі проведено розподіл країн на групи за рівнями стійкості до кіберзломів .

В даному дослідженні запропоновано для розподілу країн на групи використати шкалу від 0 до 1. Залежно від значень інтегрального індикатора рівень стійкості до кіберзломів може бути визначений наступним чином:

- $0 < 0,25$ - "високий";
- $0,26 < 0,35$ – "вище середнього";
- $0,36 < 0,5$ – "середній";
- $0,51 < 0,75$ – "нижче середнього»;
- $0,76 < 0,95$ – «низький».

Логіка такого розподілу полягає в тому, що для кожного з показників (зламани облікові записи, проникнення в Інтернет, щільність зламів), на основі яких було розраховано інтегральний показник стійкості країни до кіберзломів, чим ближче значення до 0, тим краще для країни, оскільки в ній відбувається менша кількість кіберзломів .

На четвертому етапі необхідно виявити вплив поширеності Інтернету та мобільного зв'язку в країні на інтегральний показник стійкості до кіберзломів в кожній групі країн. Для цього аналізу використано інструментарій інтелектуального аналізу даних, що використовує сплайни багатовимірної адаптивної регресії.

Технології інтелектуального аналізу даних пропонують новий і потужний підхід до вивчення проблем, пов'язаних з кібербезпекою. Використовуючи передові аналітичні методи, одним з яких є сплайни багатовимірних адаптивних регресійних моделей, інтелектуальний аналіз даних може виявити складні приховані закономірності, та спрогнозувати потенційні вразливості до кіберзломів , враховуючи мінливий і динамічний характер кіберзагроз в кожній країні.

Багатофакторні (багатовимірні) сплайни адаптивної регресії (MARS) – це непараметрична регресійна техніка, що автоматично моделює нелінійності та взаємодії між змінними. Вона була розроблена Джеремі Х. Фрідманом у 1991 році [98].

MARS працює шляхом побудови набору простих лінійних функцій, які в сукупності забезпечують найкращу прогностичну точність. Ці функції називаються базисними функціями. Базисні функції MARS можуть бути лінійні, квадратичні або навіть більш складні.

Процес побудови моделі MARS складається з таких кроків.

1. Вибір базисних функцій, які будуть використовуватися для моделювання залежності між незалежними та залежними змінними.
2. Визначення параметрів базисних функцій, які забезпечують найкращу прогностичну точність.

3. Оцінка точності моделі на тестовому наборі даних.

MARS має ряд переваг перед іншими регресійними техніками. Дана техніка є непараметричною, що означає, що вона не робить жодних припущень про форму залежності між незалежними та залежними змінними. Це робить її особливо корисною для вирішення проблем з нелінійними залежностями. Крім того, MARS є досить ефективною, що означає, що вона може бути використана для вирішення проблем з великими наборами даних.

Таким чином, MARS будує модель, що є зваженою сумою базових функцій $B_i(x)$:

$$\hat{f}(x) = \sum_{i=1}^k c_i B_i(x) \quad (2.11)$$

де c_i – сталий коефіцієнт;

k – кількість базових функцій.

Оптимальна модель MARS обирається за двоступеневою процедурою. На першому етапі MARS будує надмірно велику модель, додаючи до неї «базові функції». Базові функції – це формальний механізм, який визначає інтервали змінних. Вони можуть бути представлені як перетворення однієї змінної або умови взаємодії декількох змінних. Чим більше базових функцій додається до моделі, тим більш гнучкою та складною вона стає. Цей процес продовжується до тих пір, поки не буде досягнута задана користувачем максимальна кількість базових функцій.

На другому етапі MARS видаляє базові функції з моделі, починаючи з тих, які вносять найменший внесок. Цей процес триває до тих пір, поки не буде знайдена оптимальна модель за заданим перевірочним критерієм.

MARS здатний відстежувати дуже складні структури даних, що часто приховуються у високорозмірних даних. Це пов'язано з тим, що MARS допускає будь-яку довільну форму для функцій, а також їхньої взаємодії.

Для порівняння ефективності різних підмножин моделей використовується критерій узагальненої перехресної перевірки (Generalised Cross-Validation, GCV). Він оцінює, наскільки добре модель узгоджується з даними, при цьому враховуючи кількість базових функцій у моделі.

Моделі з нижчими значеннями GCV є більш простими та продуктивними. Таким чином, GCV слугує методом регуляризації, який допомагає знайти оптимальну модель, враховуючи контраст між простотою та продуктивністю. GCV-критерій розраховується за формулою [99]:

$$GCV = \frac{RSS}{(N \cdot (1 - ENP)/N)^2} \quad (2.12)$$

де RSS – залишкова сума квадратів (розраховується шляхом взяття суми квадратів різниць між спостережуваними значеннями змінної відповіді та прогнозованими значеннями з моделі);

N – кількість спостережень.

Effective Number of Parameters (ENP) визначається так [98]:

$$ENP = (NMT) + (penalty) \cdot ((NMT) - 1) / 2 \quad (2.13)$$

де NMT – кількість членів MARS; $penalty$ (штраф) становить значення від 2 або 4;

$(NMT - 1) / 2$ – це кількість вузлів шарнірної функції, штрафує додавання вузлів.

Як вже зазначалося вище, на першому етапі визначається перелік показників, за допомогою яких можна охарактеризувати стійкість країни до кіберзломів, поширеність використання Інтернету та мобільного зв'язку. Таблиця 2.38 демонструє фрагмент таких даних.

Таблиця 2.38 – Вхідні данні щодо показників, за допомогою яких можна охарактеризувати стійкість країни до кіберзломів, поширеність використання Інтернету та мобільного зв'язку (фрагмент – для окремих країн вибірки)

Країна	Індикатори поширеності використання Інтернету та мобільного зв'язку в країні				Показники для розрахунку інтегрального рівня стійкості країни до кіберзломів		
	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7
Албанія	75,3	2,2	97,9	582110,0	90 546	77	41
Алжир	99,7	0,7	109,2	4707509,0	196 638	84,9	5
Андорра	95,2	0,0	142,2	40813,0	7 769	91,7	106
Ангола	26,3	2,7	67,4	137800,0	38 989	25,6	4
Вірменія	102,0	0,9	135,3	510781,0	37 552	82,2	16
Австралія	123,7	0,2	107,0	9214010,0	3 381 898	89,8	145
Австрія	113,5	0,2	123,4	2621237,0	303 620	89,6	38
Азербайджан	77,1	1,3	106,9	2096700,0	42 183	84,7	5
Багамські острови	98,5	1,1	98,5	84022,0	11 611	83,8	34
...
Сполучені Штати	173,5	0,7	110,2	127123000,0	23 545 821	88,1	79
Уругвай	115,8	0,7	138,5	1135500,0	48 247	95,1	15
Узбекистан	103,8	0,9	103,1	9013979,0	183 043	50	11
Вануату	324,8	3,4	78,2	3526,0	1 211	38,1	10
Венесуела	48,8	0,0	63,4	2504486,0	191 467	81,1	8
В'єтнам	96,9	0,4	139,9	21258478,0	863 274	86,8	10
Замбія	55,3	2,4	99,1	86434,0	77 215	50	8
Зімбабве	59,6	18,4	87,6	206622,0	16 863	52	2

Умовні позначення: Активні абоненти мобільного широкосмугового зв'язку на 100 жителів (K1), кошик мобільного широкосмугового зв'язку, % від ВНД на душу населення (K2), кількість абонентів мобільного стільникового зв'язку на 100 жителів (K3), загальна кількість підписок на фіксований широкосмуговий зв'язок (K4), зламні облікові записи (K5), проникнення в Інтернет, % (K6), щільність порушень на тисячу користувачів (K7).

Джерело: побудовано за даними [100, 80]

Як вже зазначалося вище, початково зібрані дані нормалізуються за допомогою функції логарифмічної модифікації. Фрагмент нормалізованих даних для окремих країн вибірки подано в таблиці 2.39.

Таблиця 2.39 – Нормалізовані данні щодо показників, за допомогою яких можна охарактеризувати стійкість країни до кіберзломів, поширеність використання Інтернету та мобільного зв'язку (фрагмент – для окремих країн вибірки).

Країна	Індикатори поширеності використання Інтернету та мобільного зв'язку в країні				Показники для розрахунку інтегрального рівня стійкості країни до кіберзломів		
	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7
Албанія	0,4364	0,5438	0,4146	0,4997	0,5005	0,4009	0,5060
Алжир	0,5156	0,4937	0,4625	0,5050	0,5029	0,5275	0,4974
Андорра	0,5010	0,4685	0,6033	0,4990	0,4987	0,6343	0,5216
Ангола	0,2900	0,5618	0,2951	0,4992	0,4994	0,0234	0,4971
Вірменія	0,5233	0,5013	0,5743	0,4996	0,4994	0,4838	0,5000
Австралія	0,5930	0,4764	0,4533	0,5107	0,5727	0,6053	0,5310
Австрія	0,5603	0,4768	0,5239	0,5023	0,5052	0,6022	0,5053
Азербайджан	0,4423	0,5151	0,4526	0,5017	0,4995	0,5243	0,4974
Багамські острови	0,5119	0,5064	0,4174	0,4991	0,4988	0,5097	0,5043
...
Сполучені Штати	0,7361	0,4942	0,4668	0,6556	0,8883	0,5787	0,5151
Уругвай	0,5678	0,4931	0,5880	0,5004	0,4996	0,6837	0,4998
Узбекистан	0,5291	0,4981	0,4365	0,5105	0,5026	0,1042	0,4988
Вануату	0,9526	0,5855	0,3353	0,4990	0,4986	0,0511	0,4986
Венесуела	0,3541	0,4685	0,2811	0,5022	0,5028	0,4660	0,4981
В'єтнам	0,5067	0,4812	0,5940	0,5260	0,5176	0,5581	0,4986
Замбія	0,3735	0,5500	0,4197	0,4991	0,5002	0,1042	0,4981
Зімбабве	0,3867	0,9195	0,3725	0,4992	0,4989	0,1170	0,4966

Джерело: побудовано автором

Як вже зазначалося вище, нормалізовані показники зламаних облікових записи, проникнення в Інтернет та щільність зламів об'єднуються в інтегральний показник (на основі середньозваженої геометричної). Відповідно до отриманого значення інтегрального показника, визначається рівень стійкості країни до кіберзломів за відповідною шкалою. Фрагмент результатів даного етапу дослідження представлено в таблиці 2.40.

Таблиця 2.40 – Інтегральний рівень стійкості країни до кіберзломів (фрагмент – для окремих країн вибірки)

Країна	Показники для розрахунку інтегрального рівня стійкості країни до кіберзломів			Значення інтегрального індикатора стійкості країни до кіберзломів	Рівень стійкості країни до кіберзломів
	К5	К6	К7		
Сполучені Штати	0,8883	0,5787	0,5151	0,6422	нижче середнього
Австралія	0,5727	0,6053	0,531	0,5688	нижче середнього
Уругвай	0,4996	0,6837	0,4998	0,5547	нижче середнього
Андорра	0,4987	0,6343	0,5216	0,5485	нижче середнього
Австрія	0,5052	0,6022	0,5053	0,5357	нижче середнього
В'єтнам	0,5176	0,5581	0,4986	0,5242	нижче середнього
Алжир	0,5029	0,5275	0,4974	0,5091	нижче середнього
Азербайджан	0,4995	0,5243	0,4974	0,5069	нижче середнього
Багамські острови	0,4988	0,5097	0,5043	0,5043	нижче середнього
...
Вірменія	0,4994	0,4838	0,5	0,4943	середній

Умовні позначення: зламані облікові записи (К5), проникнення в Інтернет (К6), щільність порушень на тисячу користувачів (К7).

Джерело: побудовано автором

За результатами розрахунків, високий рівень стійкості до кіберзломів мають 23 країни: Мадагаскар, Того, Сомалі, Бурунді, Чад, Малаві, Південний Судан, Ефіопія, Мозамбік, Мавританія, Екваторіальна Гвінея, Ангола, Коморські Острови, Судан, Бенін, Лесото, Сан-Томе і Прінсіпі, Камерун, Гондурас, Танзанія, Вануату, Східний Тимор, Уганда. Вони в цьому переліку наведені за збільшенням інтегрального індикатора стійкості країни до кіберзломів.

Майже всі країни, інтегральний рівень стійкості яких до кіберзломів є високим, розташовані у різних частинах Африки (Південна Африка, Західна Африка, Східна Африка, Центральна Африка, Північно-Східна Африка, Східно-Центральна Африка), Південно-Східна Азія (Тимор-Лешті), та Океанія (Вануату – Тихий океан). Обмежена цифрова інфраструктура, низький рівень проникнення Інтернету та технологічний ландшафт цих країн обмежує дії кіберзлочинців. Рівень розвитку економіки цих країн є низьким, в них майже не

функціонують транснаціональні корпорації, тому ці країни мають менш розвинену екосистему кіберзлочинності, меншу кількість осіб або груп, залучених до зловмисної кібердіяльності. Тому той факт, що із загальної вибірки зі 143 країн світу 114 амецькі і африканські країни виявились найбільш стійкими до кіберзломів, свідчить не про досконалість їх систем кіберзахисту, а скоріше – про їх непривабливість для організованих груп кіберзлочинців.

Рівень стійкості до кіберзломів вище середнього мають 22 країни. В цю групу увійшли: Шрі-Ланка, Гвінея-Бісау, Руанда, Гана, Кірібаті, Ботсвана, Джибуті, Єгипет, Замбія, Узбекистан, Пакистан, Куба, Зімбабве, М'янма, Намібія, Есватіні, Ямайка, Малі, Сенегал, Габон, Південна Африка, Сальвадор. Вони в цьому переліку наведені за збільшенням інтегрального індикатора стійкості країни до кіберзломів.

Середній рівень стійкості до кіберзломів мають 24 країни: Кабо-Верде, Сан-Марино, Індія, Панама, Туніс, Сейшельські Острови, Сурінам, Мексика, Ірак, Маврикій, Болгарія, Домініка, Нігерія, Бутан, Бангладеш, Йорданія, Албанія, Румунія, Греція, Північна Македонія, Венесуела, Вірменія, Камбоджа, Коста Ріка. Вони в цьому переліку наведені за збільшенням інтегрального індикатора стійкості країни до кіберзломів.

Рівень стійкості до кіберзломів нижче середнього мають 74 країни: Барбадос, Багами, Азербайджан, Мальдіви, Алжир, Словенія, Колумбія, Казахстан, Білорусь, Боснія і Герцеговина, Перу, Еквадор, Кенія, Таїланд, В'єтнам, Нова Зеландія, Іран, Монголія, Китай, Мальта, Латвія, Туреччина, Австрія, Філіппіни, Словаччина, Угорщина, Парагвай, Макао, Чехія, Гонконг, Сінгапур, Індонезія, Ірландія, Андорра, Хорватія, Бельгія, Португалія, Малайзія, Польща, Литва, Фінляндія, Уругвай, Бразилія, Нідерланди, Швеція, Канада, Італія, Грузія, Саудівська Аравія, Естонія, Чилі, Лівія, Данія, Швейцарія, Ліхтенштейн, Іспанія, Австралія, Японія, Норвегія, Україна, Молдова, Кувейт, Корея, Великобританія, Німеччина, Монако, Бруней-Даруссалам, Катар, Бахрейн, Об'єднані Арабські Емірати, США, Чорногорія,

Ісландія, Франція. Вони в цьому переліку наведені за збільшенням інтегрального індикатора стійкості країни до кіберзломів.

Для подальшого аналізу впливу показників поширеності використання Інтернету та мобільного зв'язку на рівень стійкості країн до кіберзломів розроблено сплайни багатовимірної регресії. Розроблення MARS здійснено у програмному забезпеченні Salford Predictive Modeler 8.0 (рисунок 2.14).

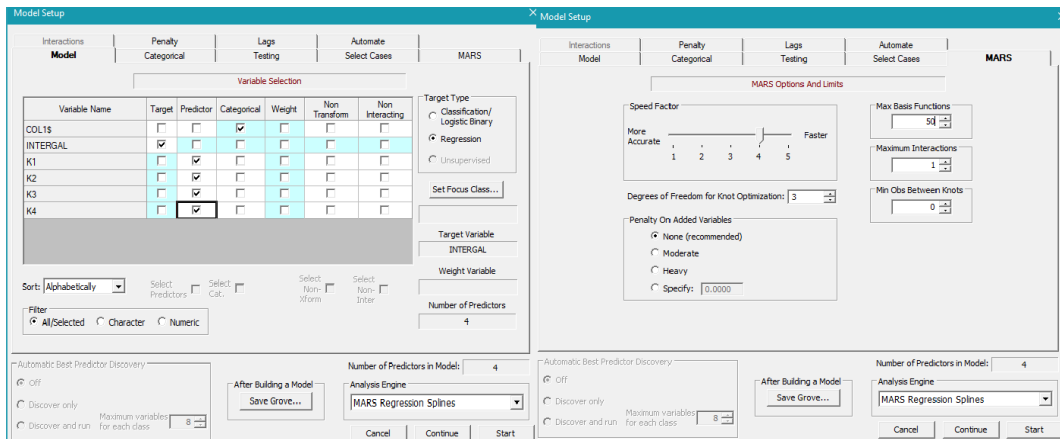
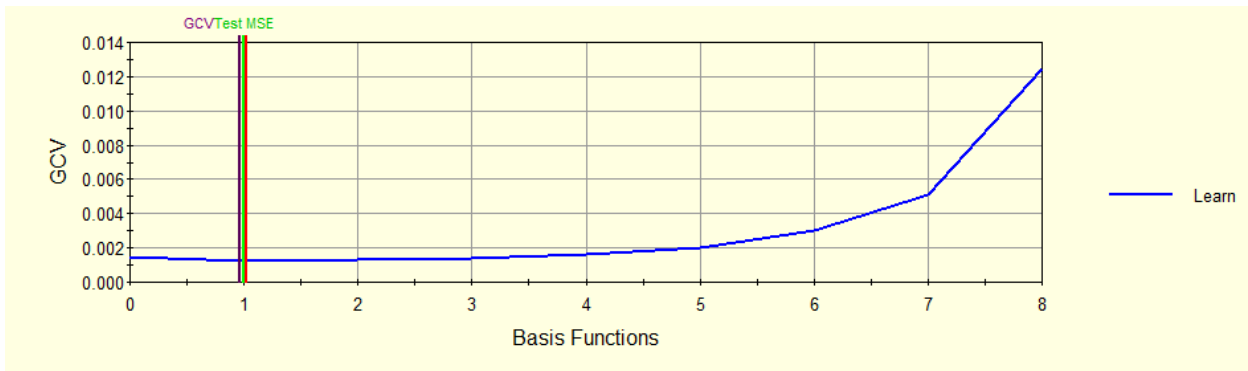


Рисунок 2.14 – Налаштування аналізу MARS

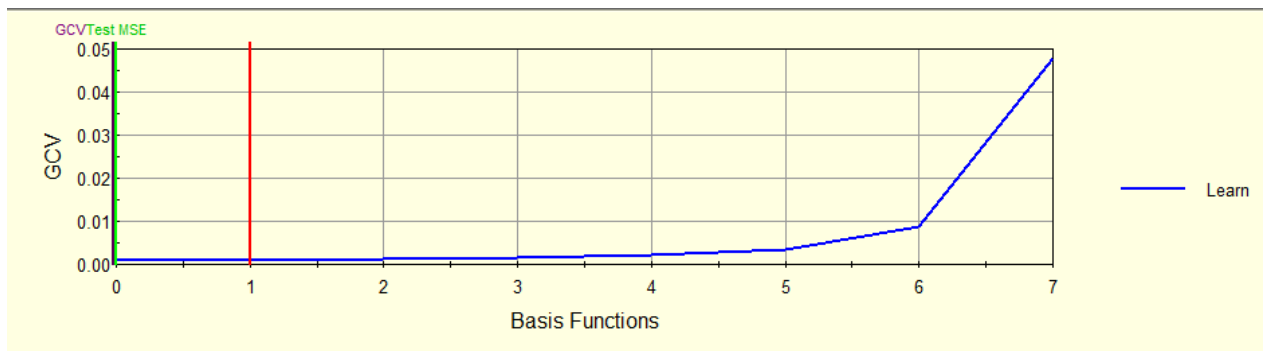
Для різних груп країн, що мають відповідно різні рівні стійкості до кіберзломів, побудовані моделі, що містять різну кількість базових функцій. Наприклад, для групи країн з високим рівнем стійкості до кіберзломів кількість базових функцій в MARS-моделі дорівнює 8; з рівнем вище середнього – 7; середнім – 7; нижче середнього – 23.

Критерій оптимальності – модель з найменшим значенням GCV критерію як індикатора рівня узгодження моделі з даними, враховуючи кількість базових функцій у моделі.

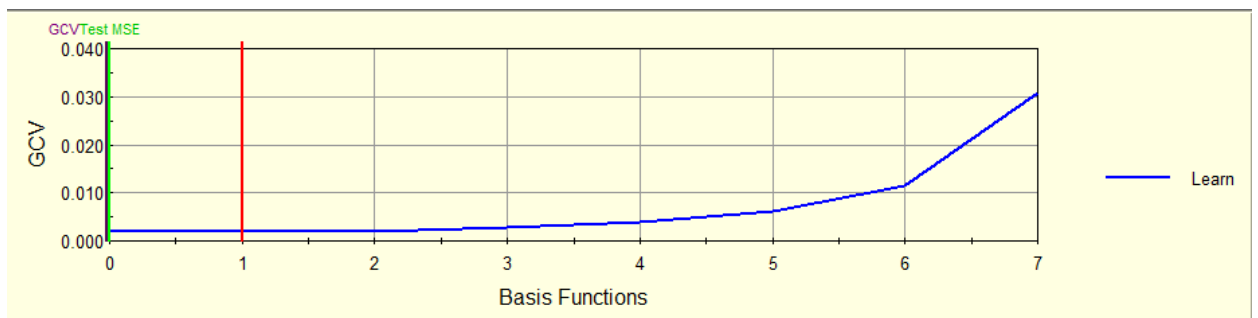
Результати розроблення адаптивного регресійного сплайну для країн з різним рівнем стійкості до кіберзломів представлені на рисунку 2.15.



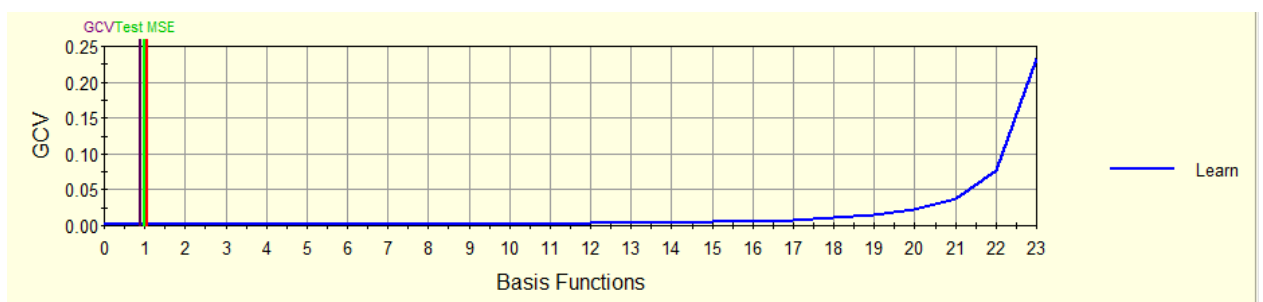
а) для країн з високим рівнем стійкості до кіберзломів



б) для країн з рівнем стійкості до кіберзломів вище середнього



в) для країн з середнім рівнем стійкості до кіберзломів



д) для країн з рівнем стійкості до кіберзломів нижче середнього

Рисунок 2.15 – Результати моделювання MARS для країни з різним рівнем стійкості до кіберзломів

Джерело: створено автором за допомогою Salford Predictive Modeler 8.0

Детальне представлення можливих MARS моделей для країн, які мають різний рівень стійкості до кіберзломів, подано в таблиці 2.41.

Таблиця 2.41 – MARS моделі для країн з різним рівнем стійкості до кіберзломів

Basis Functions	N Predictors	N Inputs	Effective Parameters	GCV	GCV R-Sq	Learn MSE	Learn R-Sq
1	2	3	4	5	6	7	8
Для країн з високим рівнем стійкості до кіберзломів							
8	3	3	21,00	0,04987	-33,53620	0,00038	0,71458
7	3	3	19,00	0,01248	-7,64032	0,00038	0,71437
6	3	3	17,00	0,00603	-3,17554	0,00041	0,68942
5	3	3	15,00	0,00365	-1,52925	0,00044	0,66555
4	3	3	13,00	0,00280	-0,94044	0,00053	0,59908
3	3	3	11,00	0,00227	-0,57091	0,00062	0,53262
2	2	2	9,00	0,00210	-0,45738	0,00078	0,40982
1	1	1	7,00	0,00189	-0,30705	0,00091	0,30867
0	0	0	5,00	0,00216		0,00132	
Для країн з рівнем стійкості до кіберзломів вище середнього							
7	4	4	22,00			0,00040	0,49636
6	4	4	19,67	0,03522	-39,80915	0,00040	0,49618
5	3	3	17,33	0,00900	-9,42778	0,00040	0,48505
4	3	3	15,00	0,00427	-3,95345	0,00043	0,44962
3	3	3	12,67	0,00284	-2,29047	0,00051	0,35003
2	2	2	10,33	0,00207	-1,40316	0,00058	0,25828
1	1	1	8,00	0,00155	-0,79816	0,00063	0,20082
Для країн з середнім рівнем стійкості до кіберзломів							
7	3	3	23,00	0,49060	-258,58319	0,00085	0,50931
6	3	3	20,80	0,05054	-25,73981	0,00090	0,48240
5	3	3	18,60	0,01844	-8,75496	0,00093	0,46228
4	2	2	16,40	0,00985	-4,20988	0,00099	0,43115
3	2	2	14,20	0,00626	-2,30979	0,00104	0,39911
2	1	1	12,00	0,00435	-1,30069	0,00109	0,37372
1	1	1	9,80	0,00399	-1,10872	0,00140	0,19621
Для країн з рівнем стійкості до кіберзломів нижче середнього							
23	3	3	90,00			0,00068	0,51713
22	3	3	87,93			0,00068	0,51673
21	3	3	85,86			0,00068	0,51639
20	3	3	83,79			0,00068	0,51577
19	3	3	81,72			0,00069	0,51515
18	3	3	79,65			0,00069	0,51437
17	3	3	77,58			0,00069	0,51346
16	3	3	75,51			0,00069	0,51081
15	3	3	73,44	12,27336	-8 442,86104	0,00070	0,50630
14	3	3	71,37	0,56565	-388,15778	0,00071	0,49565
13	3	3	69,30	0,18038	-123,09512	0,00073	0,48607
12	3	3	67,23	0,08739	-59,11984	0,00073	0,48329
11	3	3	65,16	0,05214	-34,86919	0,00074	0,47431
10	3	3	63,09	0,03562	-23,50295	0,00077	0,45298
9	2	2	61,02	0,02520	-16,33472	0,00077	0,45220
8	2	2	58,95	0,02005	-12,79263	0,00083	0,41403
7	2	2	56,88	0,01618	-10,12939	0,00087	0,38815
6	2	2	54,81	0,01383	-8,51502	0,00093	0,34274
5	2	2	52,74	0,01192	-7,19926	0,00098	0,30484

Продовження таблиці 2.41

1	2	3	4	5	6	7	8
4	2	2	50,67	0,00995	-5,84667	0,00099	0,30096
3	1	1	48,60	0,00891	-5,12737	0,00105	0,25845
2	1	1	46,53	0,00829	-4,70289	0,00114	0,19274
1	1	1	44,47	0,00780	-4,36462	0,00124	0,12186
0	0	0	42,40	0,00775		0,00141	

Умовні позначення: Basis Functions, BF – базові функції; N Predictors – номер предиктора; N Inputs – кількість предикторів, що беруть участь в розробці оптимальної моделі, параметри ефективності відповідно до критерію GCV, формули (4,5); GCV – Generalised Cross-Validation; GCV R-Sq – штрафна версія MSE (penalized version of MSE); Learn MSE – навчальний MSE; Learn R-Sq – коефіцієнт детермінації вибірки дослідження, що навчається.

Зауважимо, що для країн з рівнем стійкості до кіберзломів нижче середнього для базових функцій, починаючи з 16-ї, при розрахунку критерію GCV значення penalty вийшло за межі допустимого інтервалу від 2 до 4 (формули 2.5, 2.6). Але базові функції пройшли перевірку за іншим критерієм (Mean Square Error, MSE), тому їх значення також відображені. Для країн, що мають рівень стійкості до кіберзломів вище середнього, аналогічна ситуація спостерігається для базової функції 2.8.

Оптимальні адаптивні сплайни (MARS моделі) для країн з різними рівнями стійкості до кіберзломів описуються такими формулами:

а) для країн з високим рівнем стійкості до кіберзломів (Y_h):

$$BF2 = \max(0, 0.296171 - K1) \quad (2.14)$$

$$Y_h = 0.191163 - 0.842895 * BF2 \quad (2.15)$$

б) для країн з рівнем стійкості до кіберзломів вище середнього (Y_{aa}):

$$BF7 = \max(0, K1 - 0.395867) \quad (2.16)$$

$$Y_{aa} = 0.293472 + 0.186298 * BF7 \quad (2.17)$$

с) для країн з середнім рівнем стійкості до кіберзломів (Y_a):

$$BF2 = \max(0, 0.499722 - K4) \quad (2.18)$$

$$Y_a = 0.450644 - 64.2449 * BF2 \quad (2.19)$$

д) для країн з рівнем стійкості до кіберзломів нижче середнього (Y):

$$BF4 = \max(0, K1 - 0.511895) \quad (2.20)$$

$$Y = 0.546451 + 0.15048 * BF4 \quad (2.21)$$

Оптимальні базові функції (BF) розроблені засобами інтелектуального аналізу даних з використанням формули (2.4) за допомогою ПЗ Salford Predictive Modeler 8.0, з виявленням нелінійних залежностей між предикторами.

Як бачимо, для країн з рівнем стійкості до кіберзломів з високим, вище середнього та нижче середнього, саме індикатор K1 (активні абоненти мобільного широкопasmового зв'язку на 100 жителів) був залишений сплайном адаптивної регресії, як найбільш вагомий. Для країн із середнім рівнем стійкості до кіберзломів сплайн залишив, як найбільш вагомий інший індикатор, – загальна кількість підписок на фіксований широкопasmовий зв'язок (K4).

Статистичні характеристики оптимальної моделі MARS за найменшим значенням GCV-критерію для країн, що мають різні рівні стійкості до кіберзломів, наведено в таблиці 2.42.

Таблиця 2.42 – Статистичні характеристики MARS-моделей

Статистичні характеристики	Рівень стійкості країн до кіберзломів			
	високий	вище середнього	середній	нижче середнього
	MARS-model (7)	MARS-model (9)	MARS-model (11)	MARS-model (13)
RMSE	0,03022	0,02507	0,03735	0,03524
MSE	0,00091	0,00063	0,00140	0,00124
GCV	0,00124	0,00091	0,00195	0,00139
MAD	0,02361	0,01987	0,03186	0,02519
MAPE	0,13808	0,06675	0,07431	0,04409
SSY	0,03039	0,01730	0,04166	0,10467
SSE	0,02101	0,01382	0,03348	0,09192
R-Sq	0,30867	0,20082	0,19621	0,12186
R-Sq Norm	0,30867	0,20082	0,19621	0,12186
GCV R-Sq	0,14218	-0,05405	-0,03327	0,04498
MSE Adjusted	0,00083	0,00057	0,00128	0,00121
R-Sq Adjusted	0,27575	0,16086	0,15968	0,10966

Умовні позначення: RMSE – Root Mean Square Deviation, MSE – Mean Squared Error, GCV – Generalised Cross- Validation; MAD – Mean absolute deviation; MAPE – Mean absolute percentage error; SSY, SSE – статистичні характеристики дисперсійного аналізу, що враховуються при перевірці якості сплайнів

Далі необхідно провести аналіз того, наскільки інтегральний рівень стійкості країни до кіберзломів залежить від того фактору, який для країн з відповідної групи був залишений сплайном адаптивної регресії як найбільш вагомий: для країн з рівнем стійкості до кіберзломів високим, вище середнього та нижче середнього – активні абоненти мобільного широкосмугового зв'язку на 100 жителів (індикатор K1); для країн із середнім рівнем стійкості до кіберзломів – загальна кількість підписок на фіксований широкосмуговий зв'язок (K4).

Висновок про силу такого впливу можна зробити на основі різниці (дельти) між інтегральним індикатором ($\text{integral}(K5, K6, K7)$) та тим же самим показником, але обчисленим з урахуванням впливу індикатора K1 або K4 (MARS) як найбільш вагомий, що був залишений сплайном адаптивної регресії.

Таблиця 2.43 демонструє результати такого аналізу для групи країн з високим рівнем стійкості до кіберзломів.

До складу країн, в яких стійкість до кіберзломів майже не залежить від активних абонентів мобільного широкосмугового зв'язку на 100 жителів, належать: Судан (її інтегральний рівень стійкості склав 0,190456; а той же самий показник, але обчислений з урахуванням впливу індикатора K1 – 0,191163; різниця між ними (дельта) складає 0,07%); Сомалі (дельта складає 0,09%), Південний Судан (дельта складає 0,10%), Бенін (дельта складає 0,16%).

До трійки країн, інтегральний показник стійкості до кіберзломів яких найбільш залежить від показника активні абоненти мобільного широкосмугового зв'язку на 100 жителів, входять: Мадагаскар (дельта 5,18%), Малаві (дельта 5,23%) та Того (дельта 5,74%).

Таблиця 2.43 – Вплив показника активні абоненти мобільного широкопasmового зв'язку на 100 жителів на інтегральний рівень стійкості країн до кіберзломів (для країн з високим рівнем стійкості до кіберзломів)

Країни з високим рівнем стійкості до кіберзломів			
Країна	Інтегральний індикатор стійкості країни до кіберзломів integral(K5,K6,K7)	MARS (K1)	Дельта
Судан	0,190456	0,191163	0,000707
Сомалі	0,134949	0,135849	0,0009
Південний Судан	0,145665	0,144646	0,001019
Бенін	0,192778	0,191163	0,001615
Коморські острови	0,187436	0,191163	0,003727
Лесото	0,196165	0,191163	0,005002
Ангола	0,179717	0,185956	0,006239
Чад	0,136772	0,14637	0,009598
Бурунді	0,136213	0,148187	0,011974
Мозамбік	0,159895	0,173745	0,01385
Сан-Томе і Принсіпі	0,205444	0,191163	0,014281
Камерун	0,210853	0,191163	0,01969
Гондурас	0,21796	0,191163	0,026797
Мавританія	0,161901	0,191163	0,029262
Танзанія	0,22267	0,191163	0,031508
Ефіопія	0,150873	0,18463	0,033757
Екваторіальна Гвінея	0,167006	0,132679	0,034327
Вануату	0,233267	0,191163	0,042104
Тимор-Лешті	0,23676	0,191163	0,045597
Уганда	0,240724	0,191163	0,049561
Мадагаскар	0,128426	0,180227	0,051802
Малаві	0,138862	0,191163	0,052301
Того	0,133775	0,191163	0,057388

Результати аналізу для групи країн з рівнем стійкості до кіберзломів вище середнього демонструє таблиця 2.44.

Таблиця 2.44 – Вплив показника активні абоненти мобільного широкопasmового зв'язку на 100 жителів на інтегральний рівень стійкості країн до кіберзломів (для країн з рівнем стійкості до кіберзломів вище середнього)

Країни з рівнем стійкості до кіберзломів вище середнього			
Країна	Інтегральний індикатор стійкості країни до кіберзломів integral(K5,K6,K7)	MARS (K1)	Дельта
Єгипет	0,294572	0,29491	0,000338
М'янма	0,312517	0,314207	0,001691
Джібуті	0,291674	0,293472	0,001798
Замбія	0,296127	0,293472	0,002655
Пакистан	0,296911	0,293472	0,003439
Куба	0,297409	0,293472	0,003937
Есватіні	0,328696	0,324146	0,00455
Південна Африка	0,344174	0,336742	0,007432
Намібія	0,312841	0,302268	0,010573
Зімбабве	0,307156	0,293472	0,013684
Кірібаті	0,279047	0,293472	0,014425
Узбекистан	0,29673	0,318302	0,021571
Сенегал	0,337469	0,31479	0,022679
Габон	0,342531	0,312575	0,029956
Гана	0,265619	0,296918	0,031298
Руанда	0,262015	0,293472	0,031457
Гвінея-Бісау	0,258431	0,293472	0,035041
Ямайка	0,331154	0,29591	0,035244
Ботсвана	0,283215	0,320916	0,037701
Малі	0,331732	0,293472	0,03826
Шрі Ланка	0,257606	0,300838	0,043233
Сальвадор	0,346917	0,300761	0,046156

Серед 22 країн даної групи в найбільшій мірі кількість активних абонентів мобільного широкопasmового зв'язку на 100 жителів впливає на рівень стійкості країни до кіберзломів в Сальвадорі (дельта складає 4,62%), в Шрі Ланка (4,32%), на Малі (3,83%).

Найменшим (менше 2% відсотків) вплив між цими показниками виявився в Джібуті (дельта складає 1,80%), М'янма (1,69%) та Єгипет (0,03%). Як вже зазначалося вище, для країн з середнім рівнем стійкості до кіберзломів сплайн адаптивної регресії залишив як найбільш вагомий вже інший показник

порівняно з попередніми двома групами країн: загальна кількість підписок на фіксований широкосмуговий зв'язок (K4). Результати аналізу його впливу на інтегральний рівень стійкості країн до кіберзломів для цієї групи країн демонструє таблиця 2.45.

Таблиця 2.45 – Вплив показника загальна кількість підписок на фіксований широкосмуговий зв'язок на інтегральний рівень стійкості країн до кіберзломів (для країн з середнім рівнем стійкості до кіберзломів)

Країни з середнім рівнем стійкості до кіберзломів			
Країна	Інтегральний індикатор стійкості країни до кіберзломів integral(K5,K6,K7)	MARS (K4)	Дельта
Сейшельські острови	0,406105	0,406102	2,78E-06
Маврикій	0,425217	0,430393	0,005176
Сурінам	0,419814	0,413249	0,006564
Бангладеш	0,457696	0,450644	0,007052
Йорданія	0,465069	0,450644	0,014425
Албанія	0,466527	0,450644	0,015883
Румунія	0,467167	0,450644	0,016523
Домініка	0,431652	0,450644	0,018992
Греція	0,472635	0,450644	0,021991
Нігерія	0,433709	0,410959	0,02275
Болгарія	0,425933	0,450644	0,024711
Ірак	0,422938	0,450644	0,027706
Мексика	0,420912	0,450644	0,029732
Венесуела	0,488684	0,450644	0,03804
Північна Македонія	0,483806	0,444481	0,039325
Сан-Марино	0,363456	0,404036	0,04058
Бутан	0,450581	0,403442	0,04714
Коста-Ріка	0,49992	0,450644	0,049276
Вірменія	0,494336	0,444834	0,049502
Кабо Верде	0,356169	0,405831	0,049662
Туніс	0,397665	0,450644	0,052979
Камбоджа	0,498584	0,444756	0,053829
Панама	0,396122	0,450644	0,054522
Індія	0,372412	0,450644	0,078232

Рівень підписки на фіксований широкосмуговий зв'язок характеризує розвиненість цифрової інфраструктури та підключення країни до послуг

Інтернет. Поширеність фіксованого широкопasmового зв'язку корелює із загальним доступом до Інтернету та моделями його використання в кожній країні. Велика кількість абонентів фіксованого широкопasmового зв'язку свідчить про високий рівень діджиталізації економіки та доступність онлайн-сервісів. Країни з широким доступом до фіксованого широкопasmового зв'язку, як правило, мають більш розвинену телекомунікаційну інфраструктуру.

В країнах цієї групи вплив індикатора загальна кількість підписок на фіксований широкопasmовий зв'язок на інтегральний рівень стійкості країни від кіберзломів є найнижчим для Маврикій (дельта складає 0,52%), а найвищим – для Індії (7,82%).

Результати аналізу для країн, що мають рівень стійкості до кіберзломів нижче середнього, щодо впливу активних абонентів мобільного широкопasmового зв'язку на 100 жителів, представлено в таблиці 2.46.

Група країн з рівнем стійкості до кіберзломів нижче середнього є найбільшою за своїм складом в порівнянні з іншими країнами. В цій групі 74 країни. Три країни цієї групи демонструють найбільшу залежність (більше 10%) до змін своїх інтегральних показників від значення показника активні абоненти мобільного широкопasmового зв'язку на 100 жителів: Франція (дельта складає 13,76%), Ісландія (12,48 %) й Чорногорія (11,7%.)

Найнижчу залежність (менше 1%) демонструють Індонезія (дельта становить 0,012%), Уругвай (0,012%) та Данія (0,07%).

Країн, які мають низький рівень стійкості до кіберзломів, серед вибірки дослідження не було виявлено.

Таблиця 2.46 – Вплив показника активних абонентів мобільного широкопasmового зв'язку на 100 жителів на інтегральний рівень стійкості країн до кіберзломів (для країн з рівнем стійкості до кіберзломів нижче середнього)

Країни з рівнем стійкості до кіберзломів нижче середнього			
Країна	Інтегральний індикатор стійкості країни до кіберзломів integral(K5,K6,K7)	MARS (K1)	Дельта
1	2	3	4
Індонезія	0,546571	0,546451	0,00012
Уругвай	0,554748	0,554869	0,000121
Данія	0,566491	0,56722	0,000729
Саудівська Аравія	0,561598	0,559726	0,001872
Андорра	0,548489	0,546451	0,002038
Нідерланди	0,556204	0,558459	0,002255
Бельгія	0,550127	0,546451	0,003676
Хорватія	0,550077	0,554214	0,004137
Португалія	0,550642	0,546451	0,004191
Швеція	0,556584	0,560812	0,004228
Лівія	0,564559	0,559536	0,005023
Чехія	0,544486	0,54964	0,005153
Кувейт	0,576944	0,571247	0,005697
Парагвай	0,539463	0,546451	0,006988
Угорщина	0,538587	0,546451	0,007864
Ірландія	0,547282	0,555963	0,008681
Литва	0,554334	0,563111	0,008777
Грузія	0,560795	0,551824	0,00897
Бразилія	0,555673	0,546451	0,009222
Словаччина	0,537045	0,546451	0,009406
Філіппіни	0,537031	0,546451	0,00942
Ліхтенштейн	0,568045	0,558461	0,009585
Малайзія	0,55071	0,560387	0,009677
Австралія	0,568838	0,558661	0,010177
Чилі	0,562357	0,551799	0,010559
Туреччина	0,535464	0,546451	0,010987
Канада	0,560168	0,546451	0,013717
Італія	0,560258	0,546451	0,013807
Іспанія	0,568218	0,552066	0,016152
Мальта	0,534941	0,551299	0,016358
Австрія	0,53571	0,553735	0,018025
Нова Зеландія	0,52764	0,546451	0,018811
Швейцарія	0,567154	0,547539	0,019616
Фінляндія	0,554657	0,575013	0,020356
Китай	0,530442	0,550988	0,020546
Латвія	0,535332	0,556918	0,021587

Продовження таблиці 2.46

1	2	3	4
Об'єднані Арабські Емірати	0,621244	0,599047	0,022198
В'єтнам	0,524156	0,546451	0,022295
Корея (Респ.)	0,581429	0,556941	0,024488
Кенія	0,521174	0,546451	0,025277
Норвегія	0,572814	0,546451	0,026363
Еквадор	0,520032	0,546451	0,026419
Перу	0,519994	0,546451	0,026457
Іран	0,527785	0,55477	0,026986
Об'єднане Королівство	0,58163	0,554503	0,027128
Боснія і Герцеговина	0,519235	0,546451	0,027216
Білорусь	0,519058	0,546451	0,027393
Україна	0,573916	0,546451	0,027465
Японія	0,571397	0,598925	0,027528
Монголія	0,528091	0,555734	0,027643
Казахстан	0,518718	0,546451	0,027733
Сінгапур	0,545099	0,573365	0,028267
Молдова	0,575581	0,546451	0,02913
Гонконг	0,544526	0,573981	0,029455
Катар	0,610487	0,580368	0,030119
Колумбія	0,516298	0,546451	0,030153
Естонія	0,561983	0,592364	0,030382
Польща	0,553515	0,586859	0,033344
Таїланд	0,523141	0,557756	0,034615
Словенія	0,511174	0,546451	0,035277
Німеччина	0,583438	0,546451	0,036987
Мальдіви	0,508829	0,546451	0,037622
Алжир	0,509083	0,54701	0,037926
Азербайджан	0,506891	0,546451	0,03956
Макао	0,540881	0,580576	0,039695
Бахрейн	0,614091	0,573932	0,040159
Багамські острови	0,504261	0,546451	0,04219
Монако	0,593245	0,548835	0,04441
Барбадос	0,502007	0,546451	0,044444
Бруней Даруссалам	0,610349	0,556315	0,054034
Сполучені Штати	0,642174	0,580194	0,06198
Чорногорія	0,659103	0,548409	0,110694
Ісландія	0,684558	0,559793	0,124765
Франція	0,688188	0,550566	0,137622

РОЗДІЛ 3. ЦИФРОВІ ДЕТЕРМІНАНТИ ПІДВИЩЕННЯ ЯКОСТІ ДЕРЖАВНОГО УРЯДУВАННЯ

3.1 Науково-методичний підхід до визначення цифрових детермінант забезпечення економічних реформ

В умовах інтенсифікації глобальної турбулентності, що спричинена негативними наслідками пандемії COVID-19, а також воєнно-політичними загрозами через військові дії в Україні, актуалізується необхідність пошуку найбільш релевантних та ефективних механізмів забезпечення стійкості економічних систем країн світу. Адже відкритість економічних систем країн світу сприяє швидкому транскордонному переміщенню не лише ресурсів, капіталу та робочої сили, а й більш інтенсивній та динамічній дисемінації шоків від однієї країни до іншої. Таким чином, забезпечення стабільності національної економіки є не лише національним пріоритетом, а й одним із завдань наднаціонального рівня.

В епоху переходу до Індустрії 4.0 та 5.0, особливе місце у забезпеченні ефективності економічних трансформацій посідають цифрові технології, що впливають як на архітектуру бізнес-моделей суб'єктів господарювання, так і на ефективність самих бізнес-процесів та виробничих технологій. Таким чином, у сучасних умовах діджиталізація активно інтегрується у повсякденне життя фізичних осіб, є важливим компонентом функціонування більшості юридичних осіб, а також виступає передумовою побудови ефективної системи державного управління. З урахуванням зазначеного вище актуальності набуває вирішення прикладного завдання щодо формалізації параметрів кількісного оцінювання інтенсивності та результативності економічних реформ, а також визначення діджитал-драйверів та інгібіторів їх ефективності, що у своєму інтегральному вигляді формує мету даного дослідження.

Реалізація поставленого завдання передбачає виконання певних етапів. Зокрема, на першому етапі необхідно здійснити інтегральне оцінювання

інтенсивності та результативності економічних реформ. Так, для реалізації поставленого завдання запропоновано використовувати показники економічного розвитку, що характеризують різні перспективи ефективності економічної політики держав. Зокрема, серед параметрів, що обрано на основі бенчмаркінг-аналізу існуючих у науковій літературі підходів до оцінювання результативності економічних реформ та економічних трансформацій параметрів було обрано наступні:

- GDP_g – приріст ВВП, %;
 - CPI – рівень інфляції, %;
 - Unemp – рівень безробіття (питома вага безробітного населення у загальній структурі робочої сили), %;
 - FDI_net – чистий притік прямих іноземних інвестицій, % від ВВП;
- GCF – валове нагромадження капіталу, % від ВВП;
- Trade – товарооборот, % від ВВП.

Доцільність вибору саме цих параметрів обумовлена наступним. Динаміка приросту ВВП є базовим макроекономічним індикатором, що характеризує загальний стан економічної активності в країні та є основним цільовим індикатором будь-яких економічних реформ. Поступальне зростання ВВП протягом тривалого періоду часу вказує на стабільність економічних процесів в державі, лояльність економічних агентів до державної політики та впевненість у ефективності регуляторних інтервенцій. Натомість, значна волатильність цього показника та непередбачуваність його тренду може вказувати на існування низки важливих явних та латентних економічних проблем, а також відсутність ефективного державного чи ринкового механізму їх усунення. Комплементарним індикатором до приросту ВВП є рівень інфляції. Оптимальною вважається ситуація в економічній системі країни, при якій інфляція не перевищує 1-3%. Варто відмітити, що дефляція не може вважатися цільовим параметром, оскільки негативно впливає на курсові різниці та зовнішньоекономічну діяльність, тоді як незначна інфляція дозволяє

стимулювати подальше економічне зростання. Разом з тим, в умовах високої та швидкої інфляції навіть при умові високих темпів зростання номінального ВВП, динаміка зміни реального ВВП, як правило, є негативною. Таким чином, виважена політика стримування інфляційних процесів на рівні, що не завдає шкоди економічному зростанню, є одним із важливих таргетів та ключових показників ефективності відповідного блоку економічної політики. Виконання цього завдання також є свідченням ефективності економічних реформ.

Варто також зауважити, що важливими параметром якості економічної політики, а отже, і результативності економічних реформ є високий рівень зайнятості та, відповідно, низький рівень безробіття. Саме тому цей показник є одним із індикаторів кількісного оцінювання ефективності економічних реформ та економічних трансформацій. Зокрема, в умовах високих темпів ділової активності виникає необхідність у розширенні кількості робочих місць, що дозволяє знизити рівень безробіття. Однак, справедливо зауважити, що неможливо нівелювати його до нульового рівня, оскільки будь-яка економічна система характеризується природним рівнем безробіття (як правило, не вищим за 3-5%), що не завдає шкоди економічній системі.

Слід також відмітити, що в умовах інтенсифікації глобалізаційних процесів до базових вищеописаних параметрів характеристики макроекономічних процесів доцільно додати такі показники як чистий притік прямих іноземних інвестицій та товарооборот (сумарний обсяг експорту та імпорту у відношенні до ВВП), оскільки ці параметри дозволяють оцінити рівень привабливості країни для іноземних контрагентів. Так, значний чистий притік прямих іноземних інвестицій свідчить про привабливість економічної системи країни для іноземних інвесторів, що вказує на високий рівень їх довіри до законодавчо закріплених механізмів захисту їх прав та в цілому стабільність регуляторного поля у сфері інвестиційної діяльності. Натомість, перманентне зростання показника товарообороту зовнішньоекономічної діяльності свідчить про високий рівень ділової активності економічних агентів країни не лише на внутрішньому, а й на зовнішньому ринку. Таким чином, можна зробити

висновок, що в країні створено належні умови для ведення бізнесу, що, з одного боку, приваблюють нерезидентів, а, з іншого боку, створюють сприятливі умови для експансії бізнесу закордон.

Підсумовуючи усе зазначене вище, можна відмітити, що обрані показники доволі комплексно характеризують результативність економічних реформ в країні, а аналіз динаміки їх зміни може вказати на інтенсивність цих трансформаційних процесів.

Разом з тим, варто відзначити, що для формалізації інтенсивності та результативності економічних реформ варто звертати увагу не на кожен окремий індикатор, а на їх сукупність. Саме тому на даному етапі запропоновано створити інтегральний показник.

Враховуючи той факт, що серед відібраних показників є як стимулятори, так і дестимулятори, а також показники, що мають різні одиниці вимірювання, необхідно привести усі відібрані параметри до співставного вигляду шляхом їх нормалізації за мінімаксімним методом. Так, показниками-стимуляторами є приріст ВВП, чистий притік прямих іноземних інвестицій, товарооборот. Їх нормалізація передбачає ділення значення показника, що нормалізується, на максимальне значення показника за всі роки за всіма країнами вибірки. Натомість, рівень інфляції та рівень безробіття є показниками-дестимуляторами, нормалізація яких здійснюється шляхом ділення мінімального значення показника за всі роки за всіма країнами вибірки на значення показника, що нормалізується. З метою усунення негативного впливу від'ємних значень показників на якість результатів моделювання, до усіх значень індикаторів було додано абсолютне (по модулю) найбільше від'ємне значення за всією сукупністю спостережень у межах даного параметра. Це дозволило елімінувати існування від'ємних значень індикаторів, але не вплинуло на загальні закономірності варіації значень відповідного індивідуального індикатора. Отже, після приведення до співставного вигляду усі значення показників належать діапазону $[0;1]$, де більше значення

індикатора характеризує його кращий вплив на інтегральний рівень оцінювання ефективності економічних реформ.

Наступним кроком у межах даного етапу є застосування методу головних компонент для визначення оптимальної кількості цих показників, що будуть використані у подальших розрахунках при визначенні вагових коефіцієнтів індивідуальних індикаторів (табл. 3.1).

Таблиця 3.1 – Результати визначення оптимальної кількості головних компонент

Компонента	Власне значення	Різниця	Пропорційна варіація	Кумулятивна варіація
Comp1	1,564	0,270	0,261	0,261
Comp2	1,294	0,333	0,216	0,476
Comp3	0,961	0,025	0,160	0,637
Comp4	0,936	0,241	0,156	0,793
Comp5	0,695	0,147	0,116	0,909
Comp6	0,548		0,091	1,000

Джерело: розраховано автором за даними [101] з використанням програмного продукту Stata/SE 14.2

Так, за даними таблиці 1 можна відмітити, що оптимальним є вибір чотирьох головних компонент, що обґрунтовано необхідністю вибору такого числа компонент, що пояснили б щонайменше на 70% загальну варіацію індикаторів. У даному випадку чотири головні компоненти пояснюють 79,3% загальної варіації ознак.

На наступному кроці необхідно здійснити розрахунок усередненого рівня абсолютних (по модулю) власних значень індивідуальних індикаторів у межах відібраних головних компонент (стовпчик «середнє значення» у табл. 2). На основі цього розрахункового значення, кожному з індивідуальних показників присвоюється ранг у порядку зростання середнього значення (показник з найвищим середнім значенням має найбільший ранг, а відтак і найбільшу вагомість в інтегральному показнику оцінювання результативності економічних реформ). Так, за даними табл. 2 можна зауважити, що найбільш

вагомими індикаторами результативності економічних реформ є рівень інфляції та чистий притік прямих іноземних інвестицій, тоді як найменш значущим є впливу товарообороту зовнішньоекономічної діяльності.

На наступному кроці на основі підходу Фішберна розраховано вагові коефіцієнти, що представлені в останньому стовпчику таблиці 2, шляхом ділення рангу індивідуального показника на загальну суму рангів за всіма п'ятьма індикаторами. Завершальним кроком даного етапу є, власне, визначення інтегрального рівня оцінювання ефективності економічних реформ шляхом адитивної згортки з добутків нормалізованих значень відповідного індивідуального показника та його вагового коефіцієнта з табл. 3.2.

Таблиця 3.2 – Результати визначення вагових коефіцієнтів для розрахунку інтегрального показника ефективності економічних реформ з використанням методу головних компонент

Змінна	Comp1	Comp2	Comp3	Comp4	Середнє значення	Ранг	Вагові коеф.
Unemp	0,3690	0,4890	0,1190	0,4850	0,3655	4	0,1905
GDP_g	0,4910	0,3730	0,4570	0,0560	0,3443	3	0,1429
FDI_net	0,3600	0,0880	0,5710	0,6800	0,4248	5	0,2381
GCF	0,6170	0,1410	0,2430	0,1580	0,2898	2	0,0952
CPI	0,2420	0,3940	0,6170	0,5220	0,4438	6	0,2857
Trade	0,2310	0,6630	0,1060	0,0400	0,2600	1	0,0476

Джерело: розраховано автором за даними [101] з використанням програмного продукту Stata/SE 14.2

Варто зауважити, що усі статистичні дані було сформовано на основі публічних даних групи Світового банку [101]. Розрахунки проведено для 15 європейських країн, серед яких: Албанія, Болгарія, Хорватія, Чехія, Естонія, Угорщина, Латвія, Литва, Молдова, Польща, Румунія, Сербія, Словаччина, Словенія та Україна. Часовий горизонт досягнення – 2000–2021 рр. Динаміку інтегрального рівня оцінювання ефективності економічних реформ (ERP) у

досліджуваних країнах протягом періоду спостереження представлено на рисунку 3.1.

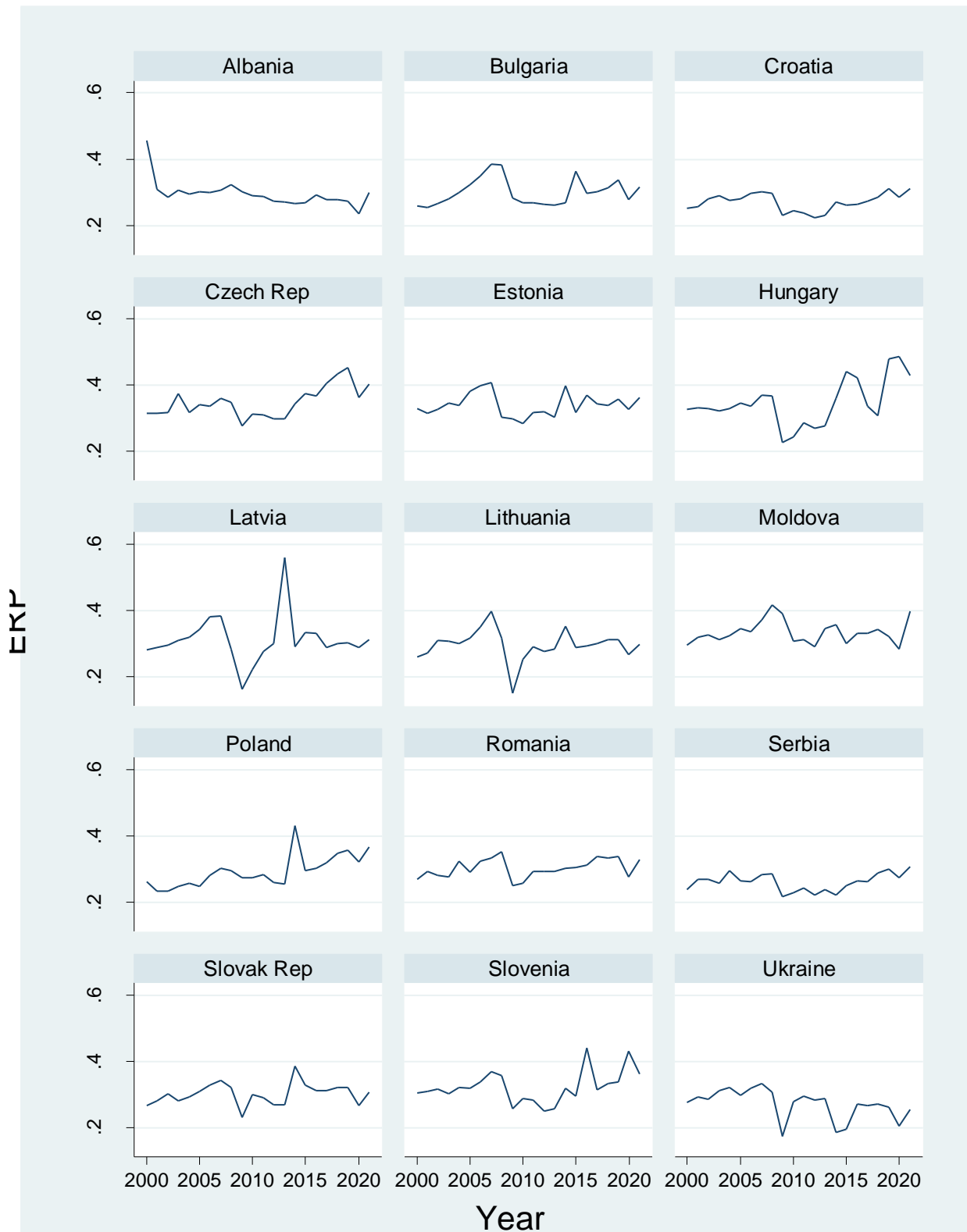


Рисунок 3.1 – Динаміка інтегрального рівня оцінювання ефективності економічних реформ у 15 європейських країнах за 2000-2021 рр., од.. Джерело: побудовано автором з використанням програмного продукту Stata/SE 14.2

За результатами оцінювання встановлено, що Болгарія, Чехія, Естонія, Латвія, Литва, Румунія, Словаччина та Словенія є країнами, що мають найвищу серед країн вибірки ефективність економічних реформ. В Албанії, Хорватії, Сербії рівень результативності економічних реформ можна охарактеризувати як незначний, тоді як в Україні – помірний.

У контексті характеристики інтенсивності економічних реформ, можна відмітити, що у Латвії, Польщі та Словаччині зафіксовано зростання інтенсивності економічних реформ у 2014–2015 рр. Натомість, для таких країн як Хорватія, Угорщина, Латвія, Словаччина та Україна характерним є зниження інтенсивності економічних реформ протягом глобальної фінансової кризи 2007–2009 рр. Крім того, для України кризовими виявились не лише 2008, а й 2013–2014 та 2020 роки. У свою чергу, інтенсивність економічних реформ є найнижчою в Албанії та Сербії.

Другим етапом даного дослідження є визначення цифрових драйверів та інгібіторів забезпечення економічних реформ шляхом, для чого відібрано такі індикатори діджиталізації як:

- Internet – частка індивідуумів, що використовують Інтернет, % населення;
- ICTg_exp – експорт товарів ІКТ, % від загального експорту товарів;
- ICTg_imp – імпорт товарів ІКТ, % від загального імпорту товарів;
- ICTs_exp – експорт послуг ІКТ, % від загального експорту послуг;
- FBS – кількість користувачів широкопasmовим Інтернетом, осіб;
- FTS – кількість користувачів стаціонарним телефоном на 100 осіб населення, осіб;
- MCS – кількість користувачів мобільним телефоном на 100 осіб населення, осіб.

Визначення каузальності між інтегральним рівнем оцінювання ефективності економічних реформ та показниками цифровізації здійснено на основі регресійного моделювання на панельних даних з використанням

програмного продукту Stata/SE 14.2. Застосування тесту Хаусмана дозволило встановити, що найбільш прийнятною специфікацією моделі є модель з випадковими ефектами, що дозволяє також зауважити нерелевантність національних особливостей при визначенні причинно-наслідкових зв'язків між вищезазначеними індикаторами. Узагальнююча статистика за всіма показниками моделювання представлена у таблиці 3.3.

Таблиця 3.3 – Узагальнююча статистика

Змінна	Obs	Mean	Std. Dev.	Min	Max
Unemp	330	0,2570	0,1336	0,08	1,00
GDP_g	330	0,6332	0,1454	0,00	1,00
FDI_net	330	0,3056	0,0622	0,00	1,00
GCF	330	0,5903	0,1261	0,21	1,00
CPI	330	0,0351	0,0994	0,00	1,00
Trade	330	0,5828	0,1728	0,12	1,00
ERP	330	0,3062	0,0510	0,15	0,56
Internet	326	51,2629	25,9171	0,1141	91,1796
ICTg_exp	321	5,9289	6,3262	0,0201	28,2945
ICTg_imp	321	7,5079	4,415	1,0197	21,244
ICTs_exp	306	8,9214	5,9826	1,0694	38,6439
FBS	300	1468150,7	1885456,2	239	8679490
FTS	326	26,5102	10,0179	4,7984	51,106
MCS	326	100,8016	37,6075	0,9362	163,1312

Примітки: Unemp – рівень безробіття (питома вага безробітного населення у загальній структурі робочої сили), %; GDP_g – приріст ВВП, %; FDI_net – чистий притік прямих іноземних інвестицій, % від ВВП; GCF – валове нагромадження капіталу, % від ВВП; CPI – рівень інфляції, %; Trade – товарооборот, % від ВВП; ERP – інтегральний рівень оцінювання ефективності економічних реформ; Obs – кількість спостережень; Mean – середнє значення показника; Std. Dev. – стандартне значення показника; Min – мінімальне значення показника; Max – максимальне значення показника; Internet – частка індивідуумів, що використовують Інтернет, % населення; ICTg_exp – експорт товарів ІКТ, % від загального експорту товарів; ICTg_imp – імпорт товарів ІКТ, % від загального імпорту товарів; ICTs_exp – експорт послуг ІКТ, % від загального експорту послуг; FBS – кількість користувачів широкопосмуговим Інтернетом, осіб; FTS – кількість користувачів стаціонарним телефоном на 100 осіб населення, осіб; MCS – кількість користувачів мобільним телефоном на 100 осіб населення, осіб.

Джерело: розраховано автором за даними [101]

Варто відмітити, що за першими шістьма показниками, представленими у таблиці 3.3, узагальнююча статистика приведена за нормалізованими значеннями.

Результати моделювання щодо визначення впливу цифрових детермінант

на інтегральний рівень оцінювання ефективності економічних реформ представлено у таблицях 3.4–3.10.

Отже, за даними, представленими у таблиці 3.4 можна зауважити, що зростання частки фізичних осіб – користувачів мережі Інтернет є статистично значущим фактором стимулювання зростання ефективності економічних реформ. Так, зростання на 1% питомої ваги населення, що користуються Інтернетом сприяє зростанню ефективності економічних реформ на 0,0002 од.

Таблиця 3.4 – Результати регресійного моделювання щодо визначення впливу користувачів мережі Інтернет на інтегральний рівень оцінювання ефективності економічних реформ

ERP	Coef.	St.Err.	t-value	p-value	[95% Conf Interval]		Sig
Internet	0,0002294	0,000106	2,16	0,031	0,0000215	0,0004372	**
Constant	0,295	0,009	33,67	0	0,277	0,312	***
SD dependent var	0,051		Number of obs		326		
Chi-square	4,678		Prob > chi2		0,031		

Джерело: розраховано автором з використанням програмного продукту Stata/SE 14.2

Таблиця 3.5 – Результати регресійного моделювання щодо визначення впливу питомої ваги експорту товарів ІКТ у загальній структурі експорту товарів на інтегральний рівень оцінювання ефективності економічних реформ

ERP	Coef.	St.Err.	t-value	p-value	[95% Conf Interval]		Sig
ICTg_exp	0,00066	0,000681	0,97	0,33265	-0,000675	0,001995	
Constant	0,302378	0,007126	42,43	0	0,288411	0,316344	***
SD dependent var	0,051285		Number of obs		321		
Chi-square	0,938555		Prob > chi2		0,332650		

Джерело: розраховано автором з використанням програмного продукту Stata/SE 14.2

Разом з тим, за даними, представленими у таблицях 3.5 та 3.6, можна відзначити відсутність статистично значущого причинно-наслідкового зв'язку

між питомою вагою експорту товарів ІКТ у загальній структурі експорту товарів, питомою вагою імпорту товарів ІКТ у загальній структурі імпорту товарів та результативним показником.

Таблиця 3.6 – Результати регресійного моделювання щодо визначення впливу питомої ваги імпорту товарів ІКТ у загальній структурі імпорту товарів на інтегральний рівень оцінювання ефективності економічних реформ

ERP	Coef.	St.Err.	t-value	p-value	[95% Conf Interval]		Sig
ICTg_imp	0,00142	0,001034	1,37	0,169554	-0,000606	0,003446	
Constant	0,295679	0,009665	30,59	0	0,276736	0,314622	***
SD dependent var		0,051285	Number of obs		321		
Chi-square		1,886884	Prob > chi2		0,169554		

Джерело: розраховано автором з використанням програмного продукту Stata/SE 14.2

Таблиця 3.7 – Результати регресійного моделювання щодо визначення впливу питомої ваги експорту послуг ІКТ у загальній структурі експорту послуг на інтегральний рівень оцінювання ефективності економічних реформ

ERP	Coef.	St.Err.	t-value	p-value	[95% Conf Interval]		Sig
ICTs_exp	0,000848	0,00051	1,66	0,095985	-0,00015	0,001847	*
Constant	0,297059	0,008489	34,99	0	0,280421	0,313697	***
SD dependent var		0,051216	Number of obs		306		
Chi-square		2,771024	Prob > chi2		0,095985		

Джерело: розраховано автором з використанням програмного продукту Stata/SE 14.2

Разом з тим, попри відсутність статистично значущого впливу експорту та імпорту товарів ІКТ на ефективність економічних реформ, дані таблиці 7 засвідчують існування статистично значущого позитивного впливу зростання питомої ваги експорту послуг ІКТ у загальній структурі експорту послуг на результативний параметр, а саме: зростання факторного показника на 1% обумовлює збільшення результативного індикатора на 0,000848 од. з 90%

довірчою ймовірністю.

Варто відмітити, що зростання кількості користувачів широкосмуговим зв'язком на 1 особу сприяє зростанню інтегрального рівня оцінювання ефективності економічних реформ на $4,45 \cdot 10^{-9}$ од. з 95% довірчою ймовірністю.

Таблиця 3.8 – Результати регресійного моделювання щодо визначення впливу користувачів широкосмуговим зв'язком на інтегральний рівень оцінювання ефективності економічних реформ

ERP	Coef.	St.Err.	t-value	p-value	[95% Conf Interval]		Sig
FBS	4,45e-09	1,95e-09	2,28	0,022463	6,29e-10	8,27e-09	**
Constant	0,299947	0,008023	37,39	0	0,284222	0,315671	***
SD dependent var		0,051679	Number of obs		300		
Chi-square		5,209529	Prob > chi2		0,022463		

Джерело: розраховано автором з використанням програмного продукту Stata/SE 14.2

Разом з тим, підтверджено негативний вплив зростання кількості користувачів телефонним зв'язком на 100 осіб населення на інтегральний рівень оцінювання ефективності економічних реформ (табл. 3.9): зростання факторної змінної на 1 одиницю обумовлює зниження результативного показника на 0,000961 од. з 95% довірчою ймовірністю.

Таблиця 3.9 – Результати регресійного моделювання щодо визначення впливу користувачів стаціонарним телефонним зв'язком на інтегральний рівень оцінювання ефективності економічних реформ

ERP	Coef.	St.Err.	t-value	p-value	[95% Conf Interval]		Sig
FTS	-0,000961	0,00039	-2,46	0,013843	-0,001726	-,000196	**
Constant	0,33188	0,012696	26,14	0	,306997	,356763	***
SD dependent var		0,051028	Number of obs		326		
Chi-square		6,058043	Prob > chi2		0,013843		

Джерело: розраховано автором з використанням програмного продукту Stata/SE 14.2

Таблиця 3.10 – Результати регресійного моделювання щодо визначення впливу користувачів мобільного зв'язку на інтегральний рівень оцінювання ефективності економічних реформ

ERP	Coef.	St.Err.	t-value	p-value	[95% Conf Interval]		Sig
MCS	0,000069	0,00007	0,98	0,327032	-0,000069	0,000207	
Constant	0,299314	0,01016	29,46	0	0,2794	0,319228	***
SD dependent var	0,051		Number of obs		326		
Chi-square	4,678		Prob > chi2		0,031		

Джерело: розраховано автором з використанням програмного продукту Stata/SE 14.2

У свою чергу, результати моделювання, представлені у табл. 10, засвідчують відсутність статистично значущого впливу зростання користувачів мобільного зв'язку на результативний показник.

Таким чином, результати моделювання частково підтвердили позитивний вплив діджитал-детермінант на інтегральний рівень оцінювання ефективності економічних реформ, тоді як єдиним з-поміж відібраних показників інгібіторів економічних реформ є зростання кількості користувачів стаціонарним телефоном на 100 осіб населення.

3.2 Дослідження впливу рівня розвитку цифрових сервісів держави на якість життя населення

Сучасний процес цифровізації охоплює різні сфери життєдіяльності, змінюючи підходи до взаємодії громадян та держави, оптимізуючи бізнес-процеси та поліпшуючи загальну якість послуг. У сфері державного управління цифровізація виявляється у впровадженні електронних сервісів для громадян та бізнесу, онлайн-консультаціях, електронних системах документообігу та електронному голосуванні. Це спрощує взаємодію з державними органами та поліпшує доступність послуг. Державні органи надають громадянам та бізнесу

можливість отримання різноманітних послуг через інтернет. Це може включати електронні форми, онлайн-заяви, електронне голосування та інші електронні сервіси. Для полегшення комунікації між громадянами та державними органами розробляються системи онлайн-чатів, електронні форми зворотного зв'язку, а також платформи для обговорення та висловлення поглядів громадян.

Впровадження електронних систем управління даними дозволяє ефективно збирати, зберігати та обробляти інформацію, спрощуючи адміністративні процеси та допомагаючи в управлінні державними ресурсами. Надання громадськості відкритого доступу до даних державних установ допомагає забезпечити прозорість та стимулює громадянську участь у вирішенні суспільних питань. Забезпечення доступу до електронних фінансових послуг, таких як онлайн-податкова звітність, електронні платежі та інші фінансові транзакції, спрощує взаємодію громадян та бізнесу з податковими та фінансовими службами. Використання електронного документообігу дозволяє замінити традиційні паперові процеси на ефективніші електронні, що прискорює прийняття рішень та полегшує обіг документів.

В сучасному цифровому віці розвиток технологій та впровадження цифрових сервісів державою стають ключовими чинниками для трансформації соціального, економічного та політичного ландшафту. Однією з важливих сфер впливу цих інновацій є якість життя населення. Дослідження взаємозв'язку між рівнем розвитку цифрових сервісів держави та покращенням умов життя громадян набуває особливого значення у контексті стрімкого технологічного розвитку. Цифрові сервіси держави стають не лише зручним інструментом для отримання послуг, але й важливим фактором для формування високоякісного інфраструктурного, освітнього, медичного та соціального середовища. В даному дослідженні ми спробуємо розкрити важливі аспекти взаємодії між цифровим розвитком держави та якістю життя населення, визначити вплив цифрових сервісів на різні сфери життєдіяльності населення та висвітлити можливості підвищення якості життя за рахунок сучасних технологічних інновацій.

Для проведення дослідження впливу рівня розвитку цифрових сервісів держави на якість життя населення було обрано дві групи показників. Перша характеризує рівень розвитку цифрових сервісів держави і формується з трьох показників. Сюди було включено Індекс електронної участі (E-Participation Index – EPI), який відображає механізм онлайн-взаємодії між урядом та населенням країни та формується з трьох компонентів [102]. Перший пов'язаний з можливістю доступу громадян до публічної інформації за допомогою запитів та без через урядові сервіси. Другий характеризує ступінь залучення населення до участі та обговорення державної політики та послуг шляхом реалізації електронних консультацій. Третій відображає процес електронного прийняття рішень, що здійснюється через спільну розробку варіантів державної політики. До першої групи також було включено Індекс онлайн-послуг (Online Service Index – OSI), який вимірює здатність та готовність уряду країни спілкуватися з громадянами та надавати їм послуги з використанням спеціалізованих електронних сервісів [103, 104]. Як правило, він враховує спектр державних послуг, які здійснюються через Інтернет, можливості двостороннього зв'язку між населенням та урядом, зручність комунікації та пошуку інформації, ступінь охоплення різних категорій громадян та індивідуальність електронних послуг. Третім показником є Індекс телекомунікаційної інфраструктури (Telecommunication Infrastructure Index – ТІІ), який характеризує наявну інфраструктуру, необхідну для надання електронних послуг населенню [103, 104]. Він базується на даних щодо кількості користувачів Інтернету, абонентів фіксованого Інтернету та мобільного зв'язку, кількості ліній фіксованого телефонного та широкосмугового зв'язку.

Базу даних було сформовано на основі емпіричних даних для 143 країн за 11 років з 2003 по 2022 роки. На початковому етапі було проведено статистичний аналіз обраних показників, результати якого представлені в таблиці 3.11.

Таблиця 3.11 – Результати описової статистики показників розвитку цифрових сервісів держави

Статистичний критерій	EPI	OSI	ТІ
Mean	0,3807	0,4854	0,3669
Standard Error	0,0076	0,0065	0,0069
Mode	0,0000	1,0000	0,5785
Standard Deviation	0,2997	0,2562	0,2720
Kurtosis	1,9366	2,0536	1,9218
Skewness	0,4464	0,1447	0,3990
Minimum	0,0000	0,0000	0,0016
First quartile	0,0992	0,2826	0,1231
Median	0,3158	0,4716	0,3152
Third quartile	0,6275	0,6860	0,5961
Maximum	1,0000	1,0000	0,9979
Sum	598,0842	762,6367	576,3915
Count	1571,0000	1571,0000	1571,0000
Confidence Level (95.0%)	0,0148	0,0127	0,0135
Jarque-Bera	126,1114	64,0985	117,6957
Probability	0,0000	0,0000	0,0000

Отримані результати свідчать, що дані не підпорядковані нормальному закону розподілу, про що свідчать результати тесту Жарка-Бера та наявність позитивного ексцесу. Це можна пояснити тим, що аналізовані дані є панельними, зібраними для різних країн, що свідчить про нерівномірність їх цифрового розвитку як наслідку різного ступеня їх економічного зростання. Значення таких критеріїв, як мінімальне, максимальне, медіана, перший та третій квартилі показують, що розвиток сервісів електронної участі та телекомунікаційної інфраструктури для більшості країн є більш інтенсивним, оскільки третій та четвертий квартилі сформовані більшою кількістю спостережень, ніж перший та другий. Розвиток онлайн-послуг відбувається іншими темпами, оскільки переважають країни з низькими та високими значеннями цього показника. В цілому спостерігається тенденція швидкого зростання усіх трьох видів цифрових сервісів, що демонструє рисунок 3.2, де представлені усереднені по світу показники.

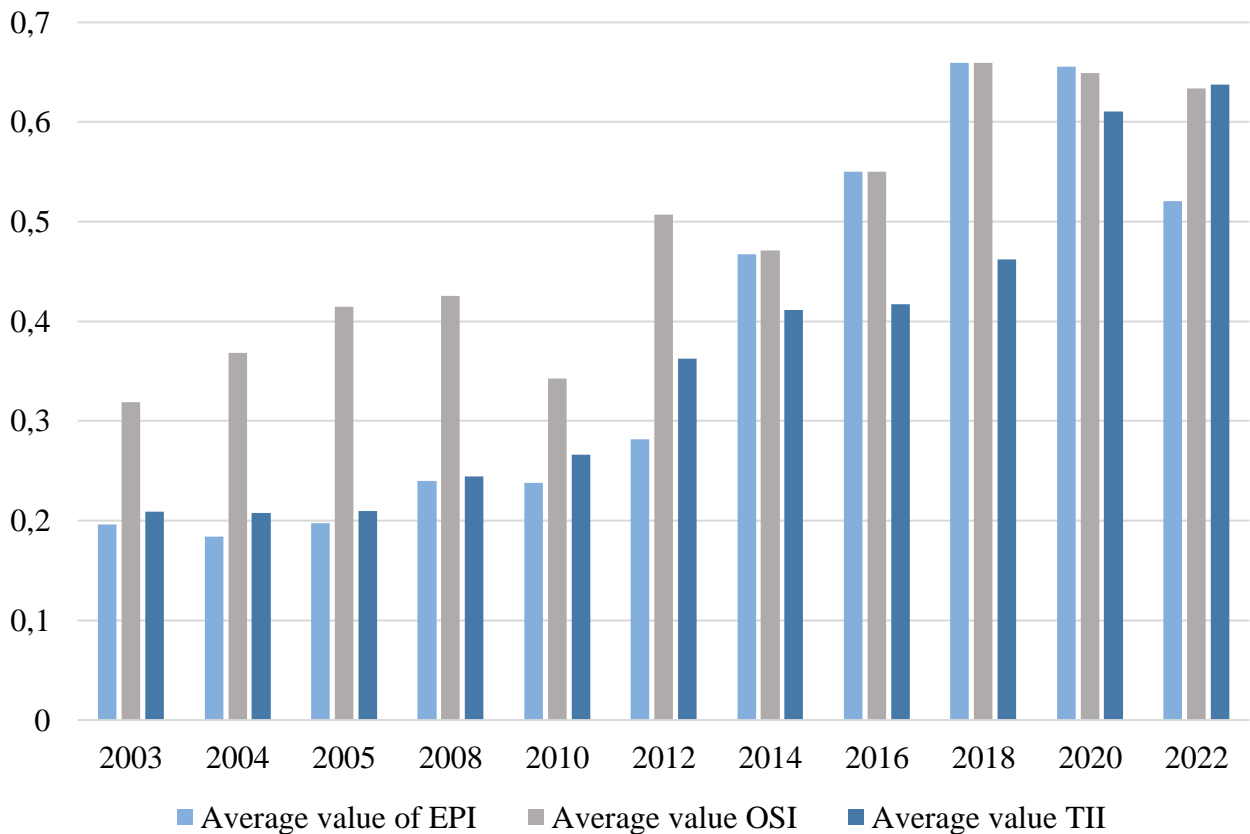


Рисунок 3.2 – Динаміка розвитку цифрових сервісів держави протягом 2003-2022 рр.

На рисунку 3.2 чітко прослідковується стійке збільшення об'єктів телекомунікаційної інфраструктури, що свідчить про посилення політики держав щодо розвитку їх технологічної складової. Це може бути викликано наслідками Індустрії 4.0 та 5.0, а також тим фактом, що сфера комп'ютерних технологій є драйвером розвитку технологічної складової економіки. Для онлайн-послуг та електронної участі також спостерігається зростання, але, починаючи з 2018 року відбувається спад, що може бути обумовлено рядом чинників, індивідуальних для різних країн. Також така ситуація є характерною для ситуації, коли досягається певний рівень цифрового розвитку, після чого швидкість впровадження технологій уповільнюється, після чого можливий новий стрибок у розвитку.

Друга група показників дослідження характеризує якість життя населення за сімома напрямками: матеріальне благополуччя, рівень здоров'я, політична

стабільність та безпека, безпека праці, освіта, демократичні права та залученість у суспільне життя. Їх відбір відбувався на основі загальноприйнятих методик, сформованих міжнародними організаціями – ООН [105], Організацією економічного співробітництва та розвитку [106], Євростат [107], The Economist Group [108] та іншими [109].

Перший напрямок – це матеріальне благополуччя населення, яке характеризує ВВП на душу населення (GDP per capita, PPP (current international \$) – GDP), оскільки він враховує розподіл економічних статків серед населення та визначає, скільки припадає доходу на одного громадянина [110]. Він відображає економічне становище країни та дозволяє більш точно оцінити, як цей розвиток впливає на життя кожної окремої особи. Зростання цього показника часто співвідноситься із покращенням якості життя. ВВП на душу населення стає не лише економічним індикатором, але і важливим фактором, що відображає відчуття громадянами власного благополуччя в контексті економічного розвитку країни. Другий напрямок – це рівень здоров'я населення та якість медичної сфери, що характеризує показник очікуваної тривалості життя при народженні (Life expectancy at birth, total (years) – LE) [111]. Цей показник, включаючи різні аспекти здоров'я, надає комплексну інформацію про стан національного здоров'я. Він є чутливим до соціально-економічних змін, враховуючи вплив рівня життя, освіти та доступу до медичних послуг. Зростання очікуваної тривалості життя свідчить про успішність системи охорони здоров'я та медичних технологій у подоланні захворювань та збереженні здоров'я населення.

Третій напрям якості життя населення – це політична стабільність та безпека в країні, яку характеризує індикатор "Політична стабільність і відсутність насильства/тероризму: оцінка" (Political Stability and Absence of Violence/Terrorism: Estimate – PSAVT) [112]. Він дозволяє здійснити комплексну оцінку рівня безпеки, враховуючи внутрішні та зовнішні аспекти. Високий рівень політичної стабільності та відсутність насильства створюють сприятливі умови для соціально-економічного розвитку та забезпечують

привабливість для інвесторів та міжнародних партнерів. Крім того, це важливо для громадянського суспільства, адже сприяє розвитку прав та свобод громадян. Четвертий напрям – це рівень безпеки праці в країні, який відображає індикатор загального рівня безробіття (Unemployment, total (% of total labor force) – UN) [113]. Цей показник відображає стан економічної безпеки, оскільки вказує на стабільність ринку праці та можливість громадян забезпечити свої основні потреби через заробітну плату. Також важливо враховувати його соціальний вимір, оскільки високий рівень безробіття може впливати на соціальну стабільність та призводити до ризику соціальних конфліктів. Крім того, рівень безробіття відображається на здоров'ї та психологічному стані працівників, а також може впливати на рівень бідності серед населення. Забезпечення працевлаштування є ключовим елементом соціальної безпеки та сприяє мінімізації ризиків бідності. Також важливо враховувати, що рівень безробіття відображає ефективність економіки та можливість створення нових робочих місць, що впливає на економічний розвиток та інвестиційний клімат країни.

П'ятий напрям – це рівень освіти, який характеризується через показник робочої сили (Labor force, total – LF) [114]. Він є визначальним для аналізу освітньої ситуації в країні, оскільки узагальнює інформацію про рівень освіти населення та його готовність до участі в економічному процесі. Робоча сила враховує широкий спектр кваліфікацій та рівнів освіти серед працездатного населення, слугує індикатором, що відображає спроможність населення успішно впроваджувати знання та навички у реальній економіці та рівень доступності освіти у країні, оскільки враховує весь спектр працездатного населення. Шостий напрям – залученість населення до суспільного життя, що можна ідентифікувати за допомогою показника «Особи, які користуються Інтернетом» (Individuals using the Internet (% of population) – II) [115]. Цей показник є важливим індикатором доступності та розповсюдженості інформаційних технологій серед населення. Він також розкриває аспекти цифрової грамотності та здатності громадян адаптуватися до сучасного

інформаційного середовища. Знання та вміння користуватися Інтернетом може бути ключовим для ефективної соціальної участі в різних сферах, від політики до громадянських ініціатив. Обрана метрика є показником, який також відображає готовність та здатність громадян брати участь у різноманітних соціальних ініціативах та процесах.

Сьомий напрям якості життя населення – це реалізація демократичних прав та вільностей громадян, яке можна ідентифікувати за допомогою показника «Голос і підзвітність: оцінка» (Voice and Accountability: Estimate – VA) [116]. Він не тільки враховує рівень політичної участі громадян у процесі прийняття рішень, але й визначає рівень їх впливу на політичну систему. Цей показник свідчить про те, наскільки ефективно інституції враховують та відповідають на голос громадян у прийнятті рішень. Також він є індикатором рівня відкритості та прозорості влади, оскільки визначає, наскільки доступні для громадськості є процеси прийняття рішень.

Аналогічно з показниками цифровізації, базу даних показників якості населення було сформовано на основі емпіричних даних для 143 країн за 11 років з 2003 по 2022 роки. Результати їх первинного статистичного аналізу представлені в таблиці 3.12.

Результати тесту Жарка-Бера підтверджують, що значення аналізованих показників не відповідають нормальному розподілу. Основною причиною є те, що панелі даних сформували країни, які мають значну різницю в соціально-економічному розвитку. Це також підтверджують значення таких критеріїв, як мінімальне, максимальне, медіана, перший та третій квартилі, що вказує на існування кластерів країн з різним рівнем якості життя. Тільки показник «Голос і підзвітність: оцінка» має значення, наближені до нормальних, що може підтверджувати рівномірність змін демократичних прав та вільностей в країнах з різним рівнем політичного розвитку.

Таблиця 3.12 – Результати описової статистики показників якості життя населення

Критерій	GDP	LE	PSAVT	UN	LF	II	VA
Mean	20436.21	71.66	-0.02	7.79	20992945.04	42.71	0.09
Standard Error	551.60	0.21	0.02	0.14	1938200.25	0.81	0.02
Mode	-	82.86	0.92	4.00	9105733.00	0.00	-
Standard Deviation	21863.05	8.18	0.91	5.54	76822199.48	31.94	0.92
Kurtosis	5.82	0.43	-0.11	3.36	69.21	-1.40	-1.05
Skewness	2.08	-0.90	-0.56	1.62	7.97	0.17	-0.06
Minimum	497.28	42.13	-3.18	0.10	36260.00	0.00	-1.88
First quartile	5165.72	67.31	-0.58	3.99	1341072.00	10.85	-0.66
Median	12303.54	73.24	0.02	6.30	4195476.00	39.93	0.05
Third quartile	29653.85	77.66	0.76	10.20	12938566.00	72.27	0.91
Maximum	163219.49	84.56	1.69	37.32	781831676.00	100.00	1.80
Sum	32105293.2	112585.3	-31.9	12236.1	32979916657.0	67104.8	135.0
Count	1571.0	1571.0	1571.0	1571.0	1571.0	1571.0	1571.0
Confidence Level (95.0%)	1081.95	0.40	0.05	0.27	3801733.52	1.58	0.05
Jarque-Bera	3328.92	224.37	84.18	1415.78	328068.60	135.89	73.56
Probability	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000

Динаміка змін усереднених значень аналізованих показників представлена на рисунку 3.3, де чітко можна побачити зростання матеріального благополуччя (GDP), рівня освіти (LF) та залученості у суспільне життя (II) населення у світі. Прослідковується значний спад рівня здоров'я після 2018 року, що пов'язано з початком світової пандемії у 2019 році, яка забрала багато життів та значно вплинула на загальний стан здоров'я населення світу. Динаміка змін показника PSAVT сигналізує про серйозну політичну нестабільність у світі, що пов'язана з масштабними війнами в Україні, на близькому Сході та тривалі військові конфлікти в країнах Африки та Південній Америці. Світові зміни щодо безпеки праці та демократичних прав та

вільностей не демонструють чітких тенденцій. На їх динаміку в більшій мірі впливають соціальні, економічні, політичні, культурні та інші чинники.

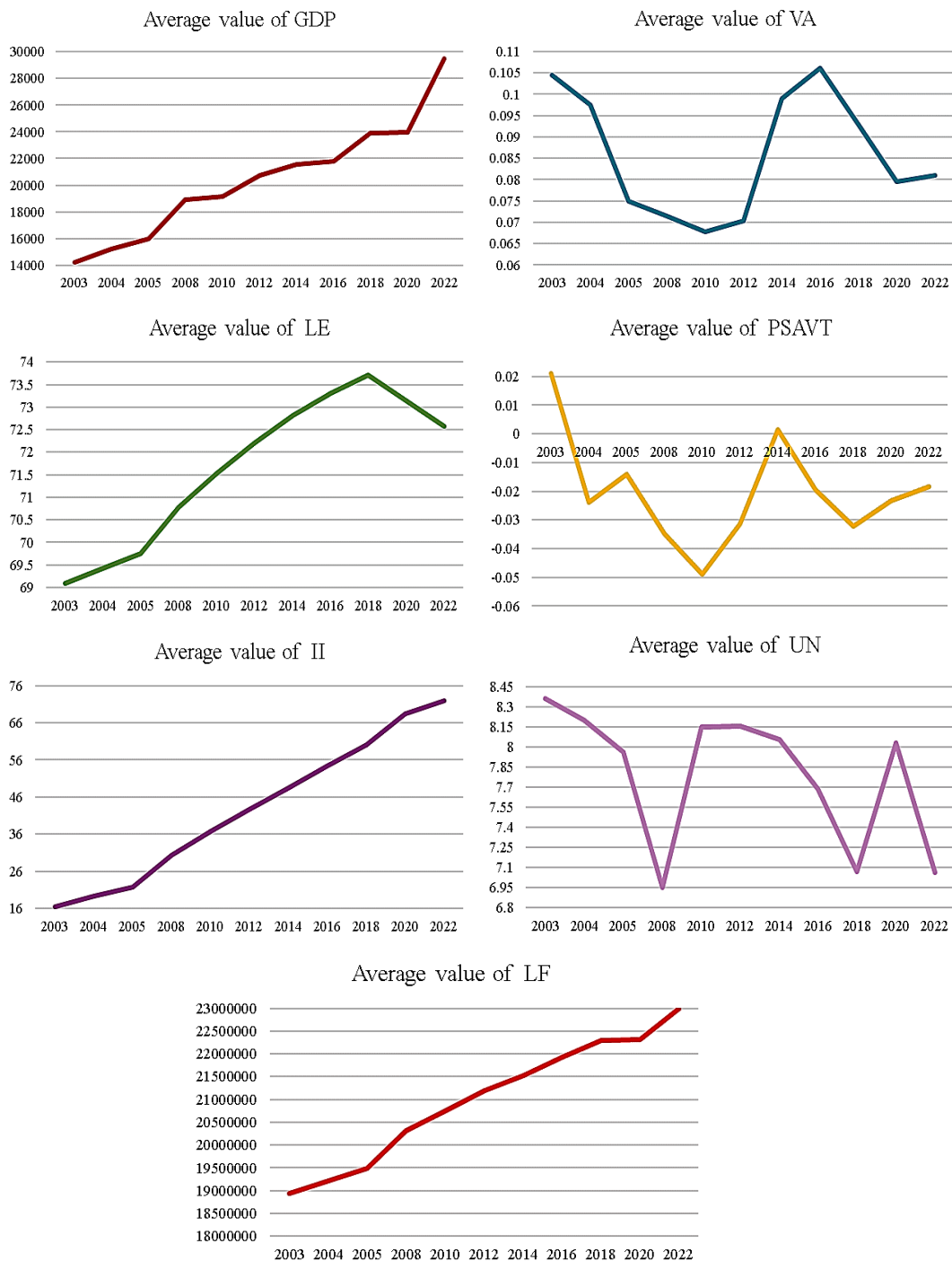


Рисунок 3.3 – Динаміка змін показників, що характеризують якість життя населення за сімома напрямками протягом 2003-2022 рр.

Результати статистичного аналізу дозволяють прийти до висновку щодо необхідності розподілу набору даних на кластери країн. Це дозволить

врахувати тенденції цифрового розвитку та їх вплив на якість життя населення в залежності від конкретної групи, а також нівелювати нерівномірність розподілу даних. Кластеризацію буде виконано на основі групи показників цифрового розвитку, які виступають незалежними змінними у даному дослідженні.

Проведення кластерного аналізу потребує відсутності мультиколінеарності між змінними. Розраховані значення коефіцієнтів кореляції між змінними показують наявність сильного зв'язку ($r_{EPI,OSI} = 0.8904$, $r_{EPI,TII} = 0.7545$, $r_{OSI,TII} = 0.7930$). Значення визначника кореляційної матриці наближається до нуля ($\det r = 0.0745$). Можна стверджувати, що між змінними, які характеризують рівень цифрового розвитку, існує мультиколінеарність. Для усунення даного явища проведено процедуру стандартизації даних та застосовано метод головних компонент за допомогою мови програмування Python, результати якого представлені на рисунку 3.4.

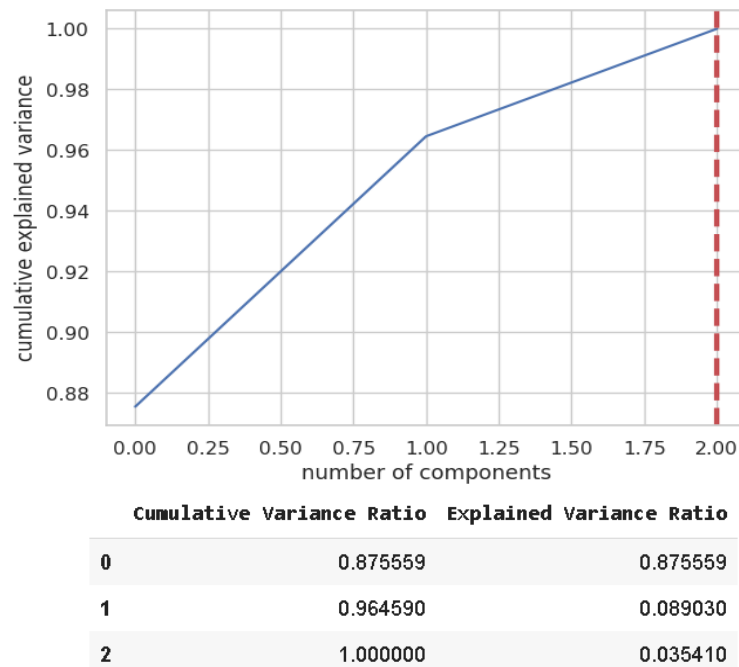


Рисунок 3.4 – Результати реалізації методу головних компонент

Отримані значення накопиченої та пояснюючої дисперсії свідчать про необхідність використання тільки двох компонент, які формуватимуть 96.4590% варіації та пояснюватимуть більше ніж 5% її відсотків, що є статистично значущим.

Для обґрунтування кількості кластерів використаємо силуетний аналіз, який дозволяє визначити значущість для різних варіантів кластерів. Його реалізацію було виконано за допомогою мови програмування Python, а результати представлені на рисунку 3.5. Отримані оцінки свідчать, що найбільш ефективним буде розподіл масиву даних на дві групи, але такий розподіл не є доцільним, оскільки градація обраних країн є ширшою. Як мінімум, ООН класифікує країни світу за рівнем економічного розвитку на три групи: розвинені, ті, що розвиваються, та найменш розвинені. Наступною найвищою силуетною оцінкою є та, яка відповідає розподілу на три кластери (рисунок 3.5). Тому було прийняте рішення, що для подальшого кластерного аналізу доцільно обрати кількість кластерів, яка дорівнює 3.

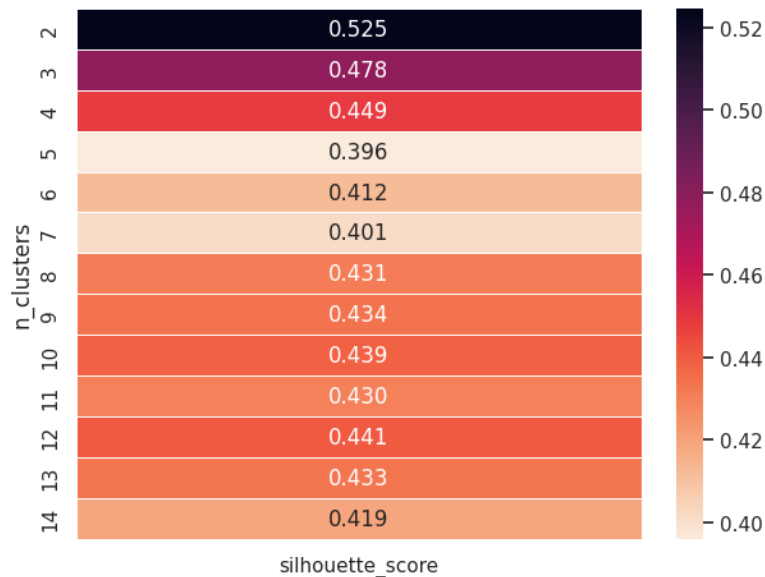


Рисунок 3.5 – Результати розрахованих оцінок силуету для обґрунтування кількості кластерів

Для кластеризації було обрано метод самоорганізаційних карт Кохонена, реалізація якого здійснювалася за допомогою програмного продукту Viscosity

SOMine. Даний метод є більш просунутим, оскільки базується на нейромережевому моделюванні та дозволяє отримати більш ефективні візуальні карти кластерів. Було апробовано різні налаштування нейронної мережі, в тому числі й автоматичне, яке також підтвердило необхідність розподілу даних на 3 кластери, що було встановлено в результаті силуетного аналізу. Отримана карта кластерів представлена на рисунку 3.6.

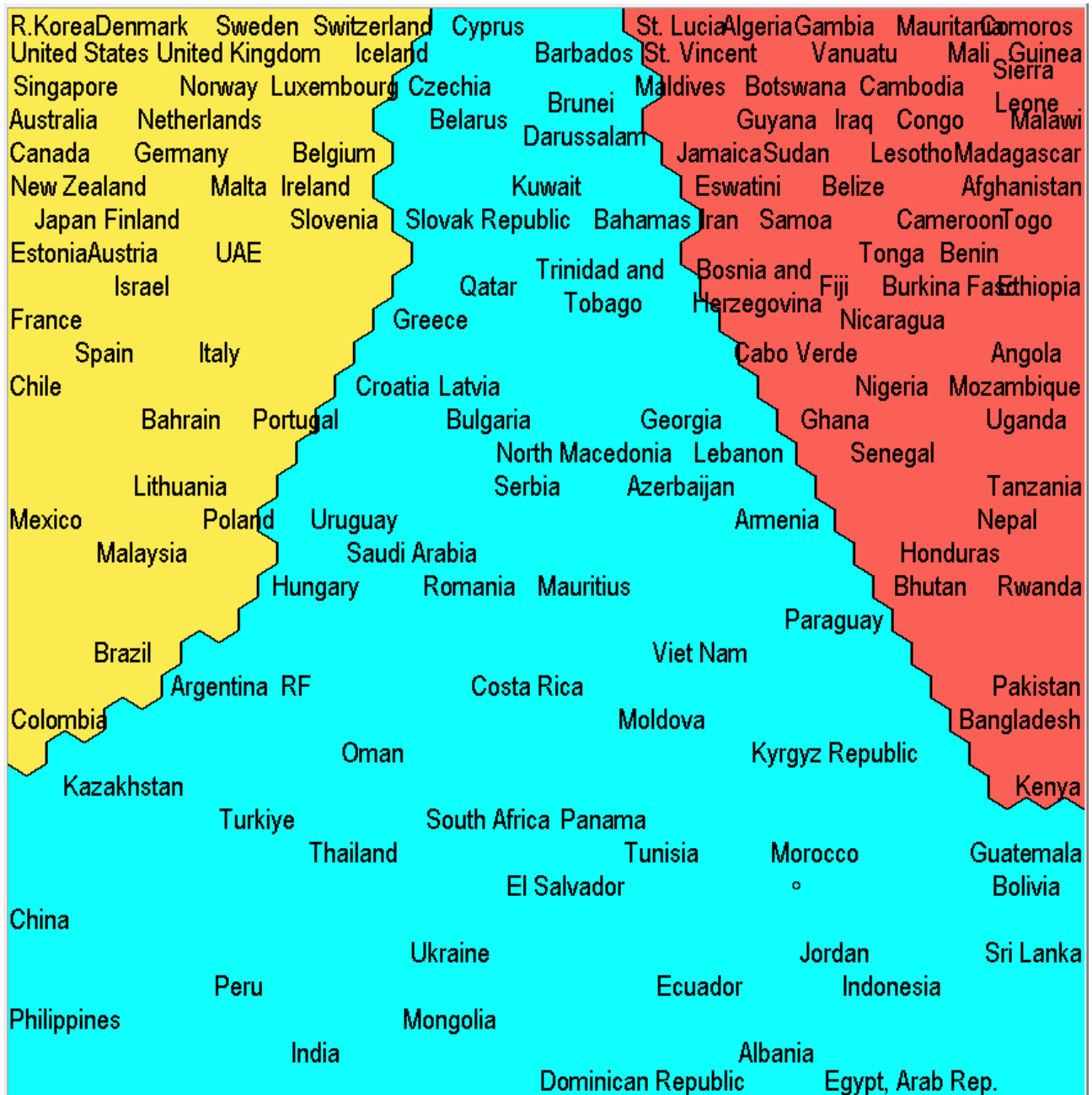


Рисунок 3.6 – Карта кластерів країн, розподілених за рівнем розвитку державних цифрових сервісів

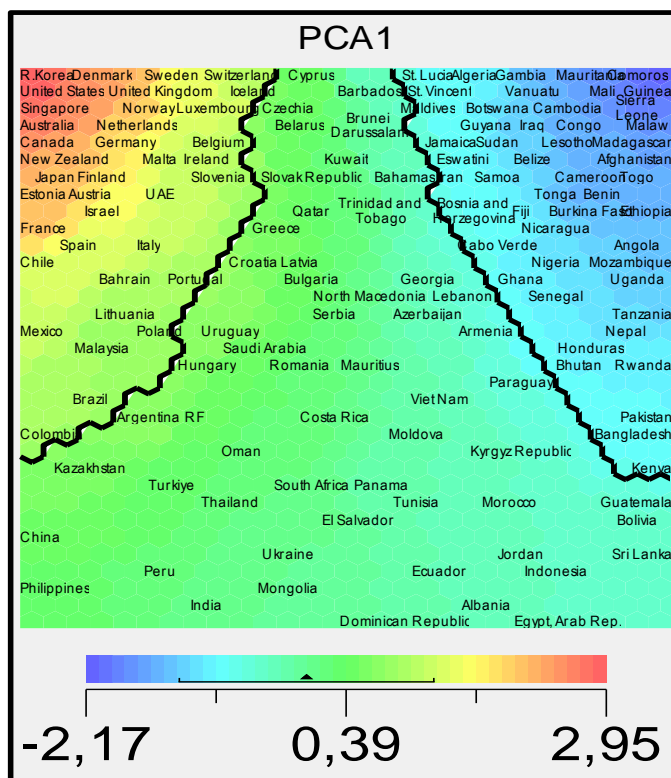
Жовтий кластер сформували 37 країн, більшість з яких відноситься до розвинених згідно класифікації ООН (рисунок 3.6). Для цієї групи характерним є високий рівень розвитку телекомунікаційної інфраструктури, онлайн-сервісів та сервісів електронної участі населення у реалізації державної політики. Топ-10 країн даного кластеру, що характеризуються найвищим рівнем цифрового розвитку та є найбільш прогресивними в цій сфері, це США, Великобританія, Швеція, Сінгапур, Нідерланди, Нова Зеландія, Південна Корея, Данія, Канада та Австралія. Ісландія, Литва, Словенія, Португалія, Польща, Мексика, Бразилія, Малайзія, Колумбія та Бахрейн – це ті, які мають найнижчий рівень розвитку державних цифрових сервісів у зазначеній групі.

У блакитний кластер (рисунок 3.6) увійшли 56 країн, які класифікуються як ті, що розвиваються. З позиції цифрового розвитку ці країни знаходяться на середньому рівні. Топ-10 країн даної групи це Китай, Аргентина, Хорватія, Кіпр, Греція, Угорщина, Латвія, Чехія, Казахстан та Уругвай. Країнами з найнижчими показниками у даному кластері є Вірменія, Багами, Болівія, Єгипет, Гватемала, Індонезія, Киргизька республіка, Парагвай, Шрі Ланка та Ліван.

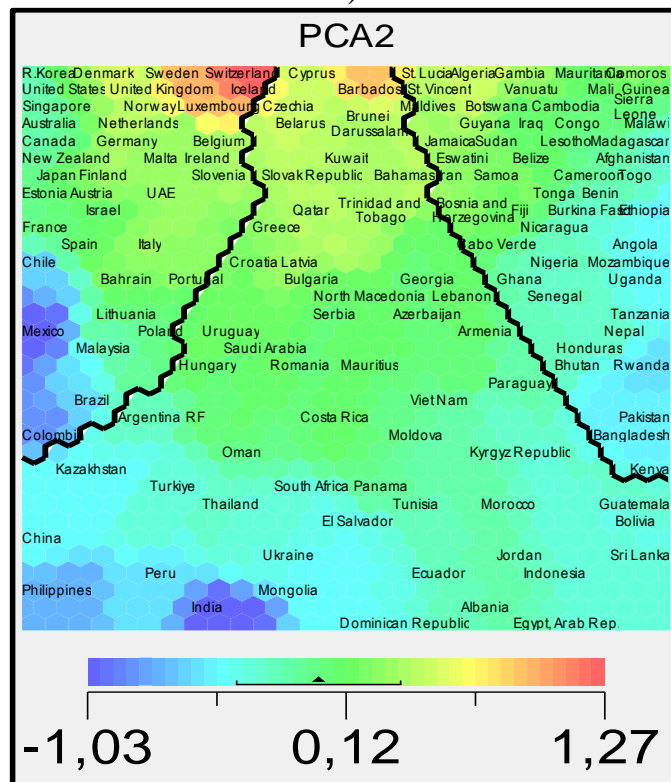
Червоний кластер (рисунок 3.6) сформували 50 країн, які розвиваються, та є найменш розвиненими. Ступінь їх цифрового розвитку можна визначити як досить низький. Це пов'язано з тим, що для більшості з них пріоритетом є розвиток програм, спрямованих на підвищення матеріального та соціального благополуччя їх населення, а ніж на зростання рівня державної цифровізації. Топ-10 країн даної групи сформували Бангладеш, Кабо-Верде, Боснія і Герцеговина, Гана, Іран, Ямайка, Кенія, Мальдіви, Пакистан та Сент-Люсія. Країнами з найнижчими показниками цифрового розвитку є Конго, Гамбія, Гвінея, Мадагаскар, Малаві, Малі, Мавританія, Судан, Сьєрра-Леоне та Коморські острови.

Оскільки кластеризацію було проведено на основі отриманих головних компонент, то проаналізуємо її результати для кожного з них. На рисунку 3.7а

представлений розподіл країн за першою компонентою (PCA1), вагу якої було встановлено, виходячи із значення її пояснюючої дисперсії.



a)



б)

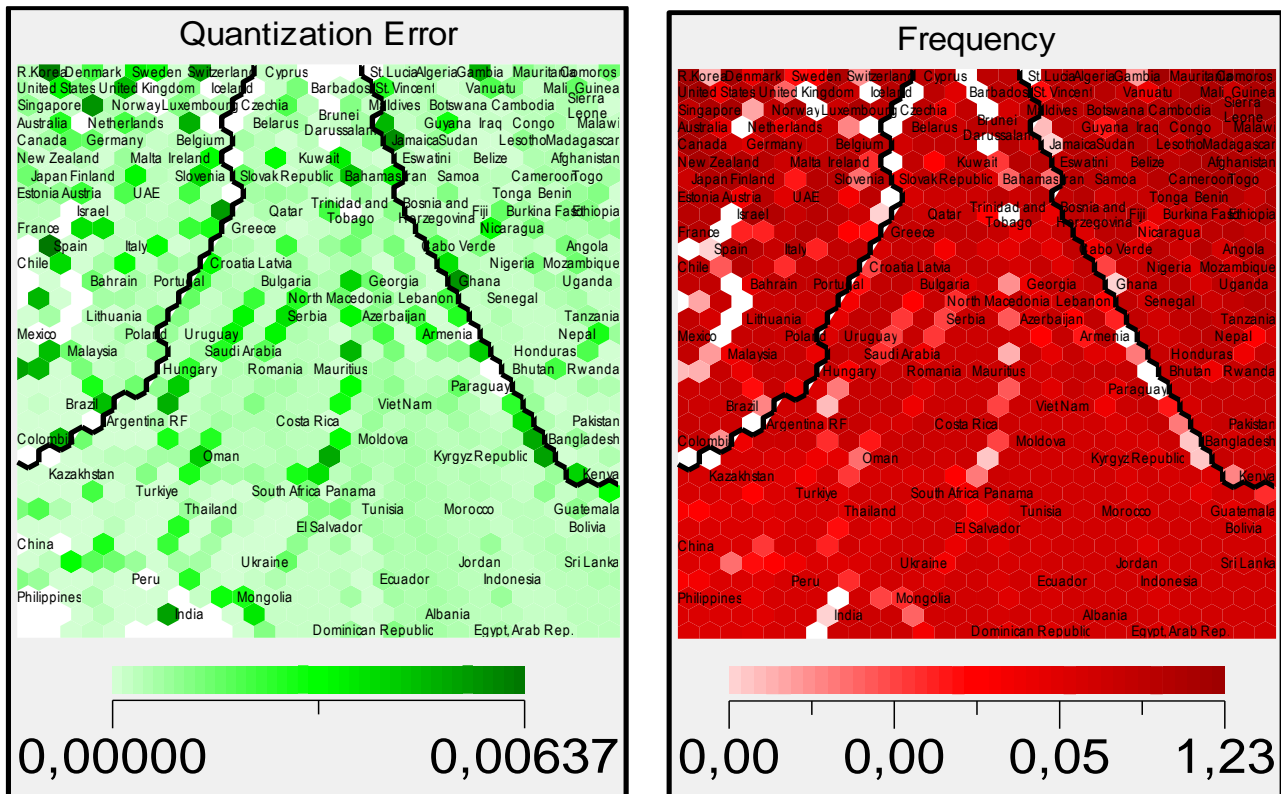
Рисунок 3.7 – Результати кластерного аналізу країн, згрупованих за аналізованими показниками: а) PCA1; б) PCA2

Можна побачити, що країни блакитного кластеру розподілені рівномірно та їх значення коливаються навколо середнього, що дорівнює 0.39. Країнам жовтого кластеру відповідають найвищі значення першої компоненти, а країнам червоного – найнижчі. Рисунок 3.7б показує кластеризацію за другою компонентою. На даній карті прослідковуються області, які можна визначити як нерівномірно розподіленими, що є характерним для всіх трьох кластерів. Це чітко видно для таких країн, як Барбадос, Філіппіни, Перу, Індія, Мексика, Бразилія, Колумбія, Швейцарія, Ісландія, Люксембург, Швеція, Пакістан, Бангладеш та Руанда. Оскільки вага цієї компоненти не досить значна, то карта кластерів (рисунок 3.6) ідентифікується за розподілом першої компоненти (рисунок 3.7а).

Якість проведеного кластерного аналізу підтверджують визначені помилки квантування, частота спостережень та оцінка розмірності (рисунок 3.8). Помилка квантування (рисунок 3.8а) показує розбіжність між вхідним набором даних та змодельованим і не перевищує 0.637%, що свідчить про високий рівень кластеризації. Всі кластери характеризуються високою частотою спостережень (рисунок 3.8б), але є окремі спостереження, які вирізняються низьким значенням, що є допустимим в розрізі проведення кластерного аналізу. Аналіз розмірності (рисунок 3.8в) вказує на те, що переважна більшість спостережень в кластерах згруповані за двома ознаками. Тільки окремі країни блакитного та жовтого кластеру розподілені за однією ознакою, що виділено жовтими областями на карті. Оскільки вага однієї ознаки перевищує вагу іншої, то такий варіант групування є допустимим. Отримані результати в цілому підтверджують високу якість кластеризації.

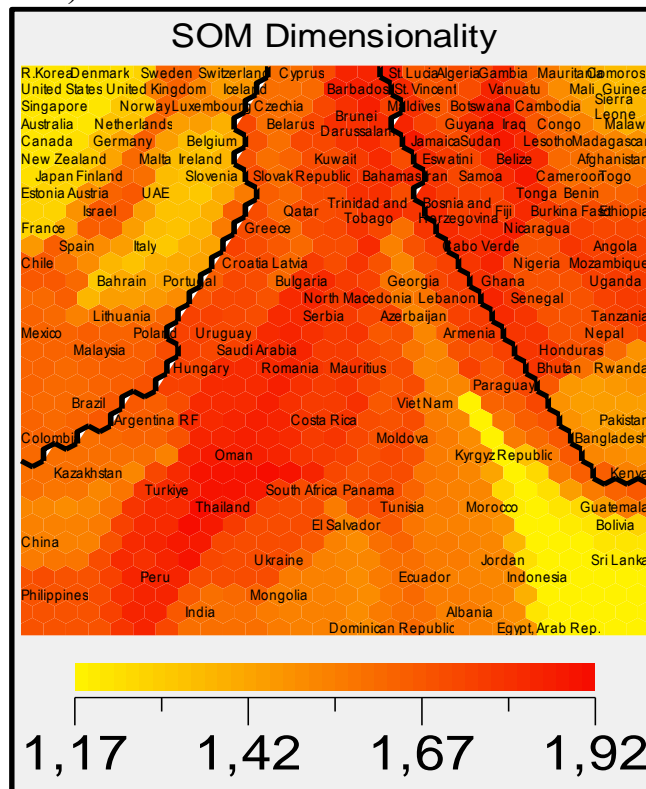
На наступному етапі даного дослідження необхідно виявити, на які ж обрані сфери життя населення впливає розвиток цифрових сервісів. З цією метою було проведено канонічний аналіз, де найбільш важливим для відбору показників є визначення значень повної надмірності (Total redundancy) та канонічної кореляції (Canonical R), статистична значущість якої підтверджується значеннями Хі-квадрату (χ^2) та р-значенням (p). Результати

розрахунків, які проводилися за допомогою аналітичного пакету STATISTICA, представлені в таблиці 3.13.



а)

б)



в)

Рисунок 3.8 – Оцінка якості результатів кластерного аналізу: а) помилок квантування; б) частоти спостережень; в) розмірності самоорганізованих карт

Таблиця 3.13 – Результати канонічного аналізу впливу показників розвитку цифрових сервісів на показники якості життя населення

Variable	Variance extracted		Total redundancy		Canonical R	Chi2	p
	Left Set	Right Set	Left Set	Right Set			
GDP	100.0000%	50.0000%	48.9868%	24.4934%	0.6999	1055.400	0.0000
LE	100.0000%	50.0000%	52.9916%	26.4958%	0.7280	1183.600	0.0000
PSAVT	100.0000%	50.0000%	27.9809%	13.9904%	0.5290	514.680	0.0000
UN	100.0000%	50.0000%	2.4573%	1.22866%	0.1568	39.012	0.0000
LF	100.0000%	50.0000%	4.8626%	2.4313%	0.2205	78.162	0.0000
П	100.0000%	50.0000%	87.7965%	43.8982%	0.9370	3298.200	0.0000
VA	100.0000%	50.0000%	29.6434%	14.8217%	0.5445	551.300	0.0000

Ліва множина (Left Set) відповідає окремому показнику з групи якості життя населення, тоді як права (Right Set) – групі показників цифрових сервісів (таблиця 3.13). Так, було визначено, що цифровий розвиток на 48.9868% пояснює зміни ВВП на душу населення, в той час сам він тільки на 24.4934% залежить від матеріального благополуччя країни. При цьому тіснота зв'язку між цими індикаторами може характеризуватися як тісна ($\approx 0,70$). Її статистичну значущість підтверджують високе значення χ^2 -квадрату та p -значення менше 0.05.

Рівень здоров'я, визначений за допомогою показника очікуваної тривалості життя при народженні, на 52.9916% залежить від розвитку державних цифрових сервісів. Він на 26.4958% пояснює мінливість стану цифровізації в країні. При цьому зв'язок між цими показниками є дуже тісним (0.7280) та статистично значущим. Високий рівень залежності від державних цифрових сервісів демонструє сфера залученості у суспільне життя через показник «Особи, які користуються Інтернетом», зміна якого на 87.7965% пояснюється онлайн сервісами, електронною участю та телекомунікаційною інфраструктурою. Зв'язок між ними є дуже тісний (0.9370) та статистично значущий, що підтверджується високим значенням χ^2 -квадрату та p -статистикою менше 0.05. Такий рівень зв'язку може бути обумовлений ще й тим, що значення даного індикатора може бути узяті для розрахунку одного з показників цифровізації.

Що стосується таких сфер, як безпека праці (UN) та освіта (LF), то зв'язок між ними та рівнем розвитку державних цифрових сервісів є дуже слабкий ($R < 0.5$), хоча й статистично значущий. Цей висновок підтверджується також низькими значеннями повної надмірності, які варіюються менше 5% (таблиця 3.13). При цьому також виявлено слабкий вплив рівня розвитку державних цифрових сервісів на зміни робочої сили та безробіття.

Зв'язок між напрямками політичної стабільності та безпеки (PSAVT), демократичних прав та вільностей (VA), та рівнем розвитку державних цифрових сервісів можна охарактеризувати як середнім. Про це свідчать отримані статистично значущі значення їх канонічної кореляції у проміжку від 0.5 до 0.7 (таблиця 3.13). При цьому вплив цифровізації на показник «Політична стабільність і відсутність насильства/тероризму» обумовлює тільки 27.9809% змін, а на показник «Голос і підзвітність: оцінка» – 29.6434%.

З отриманих результатів канонічного аналізу слідує, що рівень цифровізації здійснює суттєвий вплив на зміни ВВП на душу населення, очікувану тривалість життя при народженні та зміни кількості осіб, що використовують Інтернет. На всі інші показники вплив є або незначним, або середнім. Для побудови прогнозних моделей буде узяті тільки ті індикатори, для яких зв'язок є сильним, оскільки в протилежному випадку результати моделювання будуть неточними. Для виконання цього етапу було застосовано метод нейромережевого моделювання – багатошаровий перцептрон, реалізація якого відбувалася за допомогою мови програмування Python.

На початку моделювання побудуємо діаграми розсіювання між показниками розвитку державних цифрових сервісів та обраними показниками якості життя населення для трьох кластерів країн (рисунки 3.9-3.11).

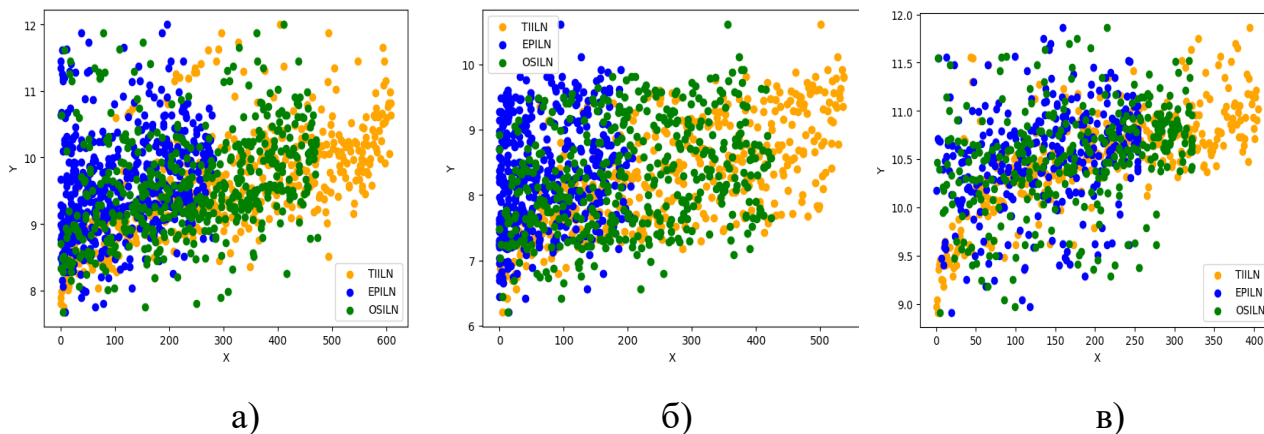


Рисунок 3.9 – Діаграма розсіювання між незалежними змінними та ВВП на душу населення для країн кластерів: а) блакитного; б) червоного; в) жовтого

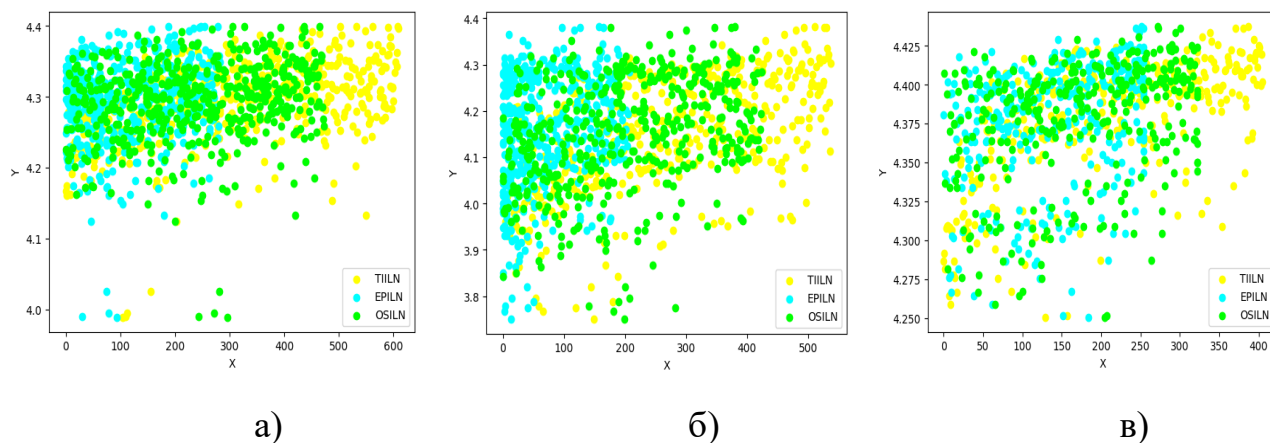


Рисунок 3.10 – Діаграма розсіювання між незалежними змінними та очікуваною тривалістю життя для країн кластерів: а) блакитного; б) червоного; в) жовтого

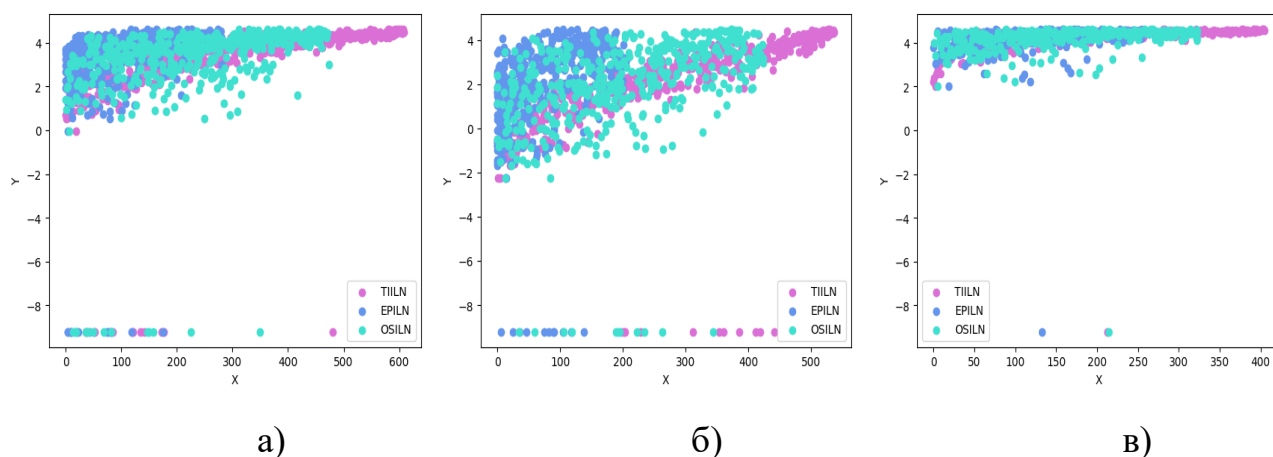


Рисунок 3.11 – Діаграма розсіювання між незалежними змінними та особами, які користуються Інтернетом, для країн кластерів: а) блакитного; б) червоного; в) жовтого

Було встановлено, що залежність ВВП на душу населення від трьох показників цифровізації є рівномірною для країн жовтого кластеру, тобто з високим рівнем цифрового розвитку (рисунок 3.9в). Для інших країн прослідковується нерівномірність, тобто зміщення до правого боку діаграм (рисунок 3.9а-3.10б). Це може свідчити про те, що в цих кластерах превалюють певні групи країн з низькими значеннями показників цифровізації, які обумовлюють низькі показники ВВП.

Діаграма розсіювання між незалежними змінними та очікуваною тривалістю життя для країн жовтого кластеру (рисунок 3.10в) демонструє достатньо рівномірний розподіл. Для інших кластерів спостерігається певне зміщення. Якщо для країн червоного кластеру чітко прослідковується превалювання країн з дуже низьким рівнем цифрового розвитку та тривалістю життя (рисунок 3.10б), то для країн блакитної групи спостерігаються викиди, які можуть бути обумовлені низкою важко ідентифікованих факторів (рисунок 3.10а). Якщо абстрагуватися від цього факту, то також можна побачити лівостороннє скупчення точок, що говорить про існування більшості країн в кластері, для яких характерний низький для даної групи рівень цифровізації та низький також для даного кластеру рівень очікуваної тривалості життя.

Рисунок 3.11 демонструє наявність викидів для країн з трьох кластерів. Оскільки аналізовані дані є панельними, то їх видалення спровокує порушення панельної цілісності та призведе до не збалансування даних. Їх наявність може бути наслідком стрибків у зміні показника, або некоректною обробкою даних Світовим банком. В будь-якому випадку їх наявність мало вплине на нейромережеву модель.

Для побудови моделей було використано Keras Sequential. Keras - це API, який добре працює з моделями нейронних мереж, а Keras Sequential має справу з упорядкуванням або послідовністю шарів у моделі. В цьому випадку модель приймає лише один вхід і очікує один вихід. Вона передає дані та проходить у послідовному порядку зверху вниз, поки вони не досягнуть кінця моделі [117].

Для налаштування використовувалися наступні параметри нейронної мережі:

–`input_shape` – кількість вхідних показників, в якості яких виступали: індекс електронної участі, індекс онлайн сервісів, індекс телекомунікаційної інфраструктури, рік та назва країни, трансформована у фіктивні змінні;

–`activation` – активаційна функція, в якості якої було обрано гіперболічний тангенс (`tanh`);

–`optimizer` – ітеративний алгоритм оптимізації, який використовується для мінімізації функції втрат під час навчання нейронних мереж, в якості якого було обрано Adaptive Moment Estimation (`adam`);

–`loss` – функція втрат, яка розраховується як середнє квадратів різниць між прогнозованими та справжніми значеннями, в якості якої було обрано Mean Squared Error (`MSE`);

–`metrics` – список показників, які оцінює модель під час навчання та тестування, в якості якого було обрано Mean Absolute Error (`MAE`);

–`epochs` – кількість ітерацій розрахунків, в якості якого встановлено 1500.

Результати машинного навчання нейромережевих моделей представлені у вигляді функцій втрат (Рисунки Б.1-Б.9 Додатку Б) Вигляд графіків 1-7 говорить про те, що модель знайшла оптимальний шлях навколо точки мінімуму на початкових етапах її навчання і для цього достатньо було застосовувати меншу кількість епох. Графіки 8-10 показують зменшення функції втрат протягом епох, що може свідчити про те, що модель навчається.

Якість побудованих моделей було оцінено за допомогою похибок – Mean Absolute Error, Mean Squared Error, Root Mean Squared Error та Mean Absolute Percentage Error. Mean Absolute Error - це метрика в задачах регресії, яка вимірює середню абсолютну різницю між прогнозованими і справжніми значеннями. Для кожного прикладу вираховується абсолютне значення різниці між прогнозованим і справжнім значенням, а потім середнє арифметичне цих абсолютних різниць взяте для всіх прикладів. Mean Squared Error (`MSE`) вимірює середню квадратичну різницю між прогнозованими і справжніми

значеннями. Для кожного прикладу вираховується квадрат різниці між прогнозованим і справжнім значенням, а потім середнє арифметичне цих квадратів взяте для всіх прикладів. Root Mean Squared Error (RMSE) представляє собою квадратний корінь з Mean Squared Error та вимірює середньоквадратичну різницю між прогнозованими і справжніми значеннями, має ту ж вимірювальну одиницю, що і самі значення. Mean Absolute Percentage Error (MAPE) вимірює середню абсолютну відносну помилку між прогнозованими і справжніми значеннями в відсотках. Похибка вираховується як середнє арифметичне абсолютних відсоткових різниць між справжніми та прогнозованими значеннями для кожного прикладу.

Результати розрахованих похибок представлені в таблиці 3.14. Отримані значення для всіх моделей наближені до нуля. Хоча деякі індикатори для моделей прогнозування осіб, які користуються Інтернетом, й не наближаються до нуля, але значення Mean Absolute Percentage Error не перевищує 10%, що говорить про отримані прогнози високої якості.

Таблиця 3.14 – Оцінка якості побудованих нейромережових моделей

Назва похибки	Країни блакитного кластеру	Країни червоного кластеру	Країни жовтого кластеру
Нейронна модель прогнозування ВВП на душу населення			
Mean Absolute Error	0.4779	0.4154	0.3096
Mean Squared Error	0.3928	0.2772	0.1653
Root Mean Squared Error	0.6267	0.5265	0.4066
Mean Absolute Percentage Error	0.0503	0.0511	0.0294
Нейронна модель прогнозування очікуваної тривалості життя			
Mean Absolute Error	0.0486	0.0972	0.0307
Mean Squared Error	0.0042	0.0169	0.0016
Root Mean Squared Error	0.0646	0.1301	0.0406
Mean Absolute Percentage Error	0.0114	0.0236	0.0070
Нейронна модель прогнозування осіб, які користуються Інтернетом			
Mean Absolute Error	0.8164	1.4591	0.4042
Mean Squared Error	3.0456	7.6360	1.6442
Root Mean Squared Error	1.7452	2.7633	1.2822
Mean Absolute Percentage Error	0.3784	1.2344	0.0821

Виходячи з цих результатів, приймаємо результати нейромережового моделювання як якісними та придатними для ситуацій прогнозування впливу

електронної участі, онлайн сервісів та телекомунікаційної інфраструктури на ВВП на душу населення, очікувану тривалість життя при народженні та кількість осіб, які користуються Інтернетом. Результати моделювання було візуалізовано за допомогою діаграм розсіювання та представлено на рисунках 3.12-3.20.

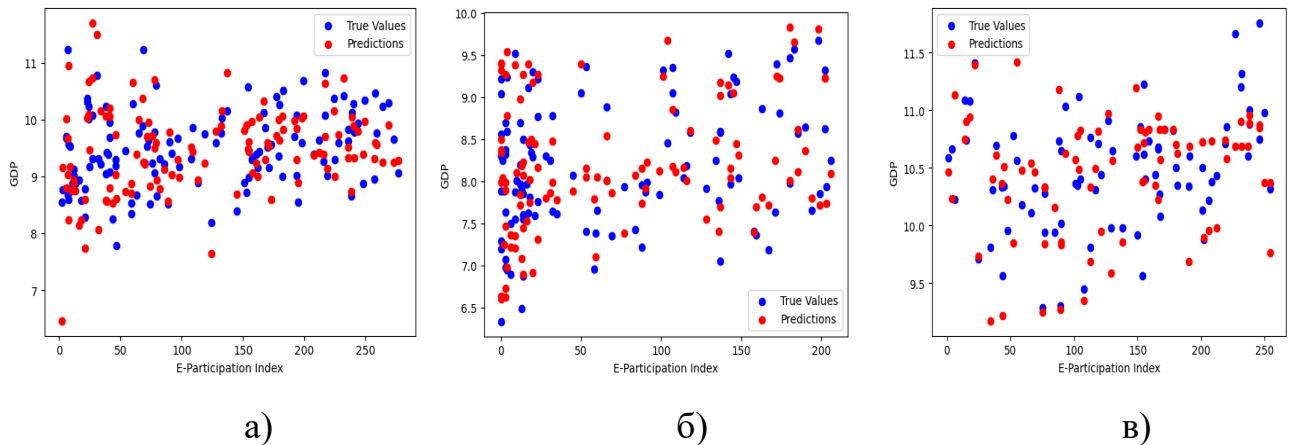


Рисунок 3.12 – Результати неймережевого моделювання впливу індексу електронної участі на ВВП для країн кластерів: а) блакитного; б) червоного; в) жовтого

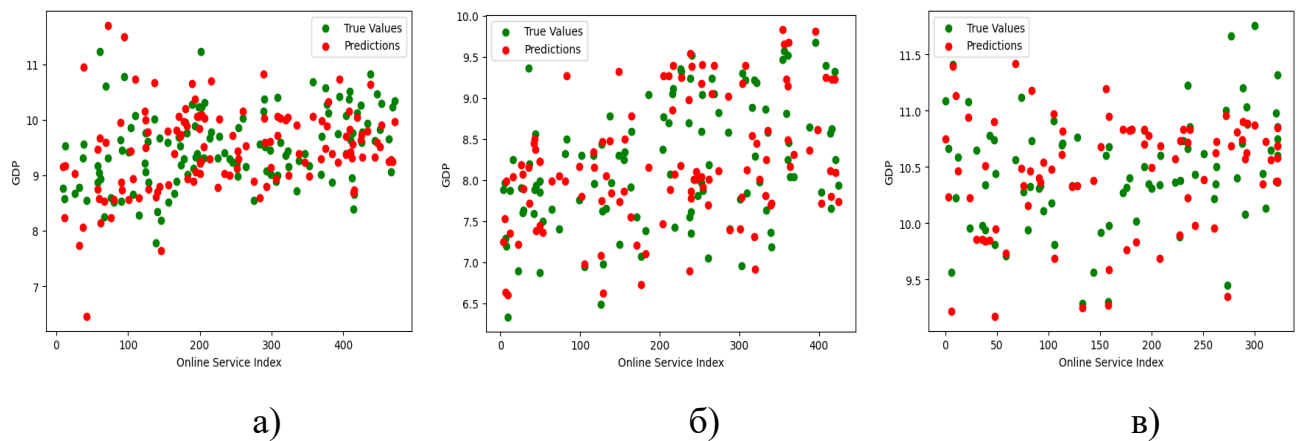


Рисунок 3.13 – Результати неймережевого моделювання впливу індексу онлайн сервісів на ВВП для країн кластерів: а) блакитного; б) червоного; в) жовтого

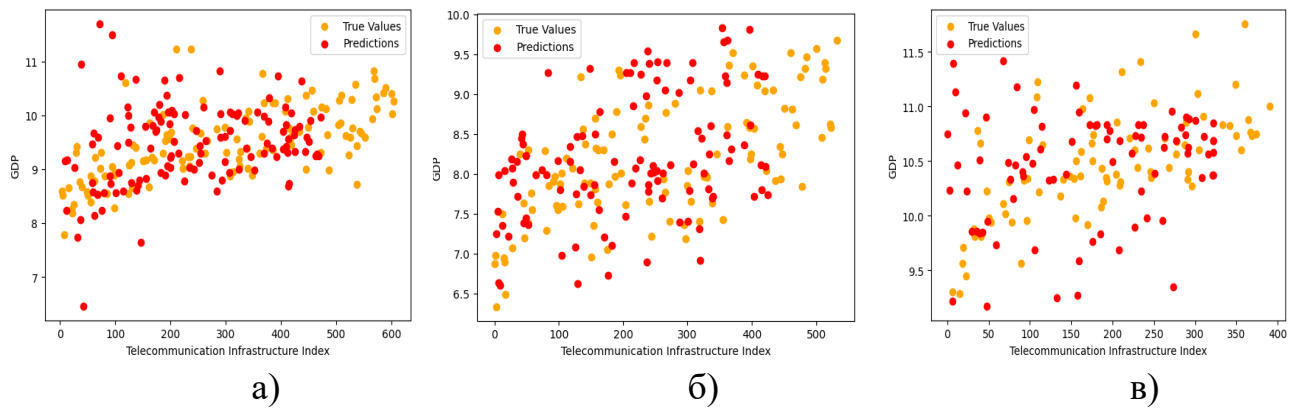


Рисунок 3.14 – Результати неймережевого моделювання впливу індексу телекомунікаційної інфраструктури на ВВП для країн кластерів: а) блакитного; б) червоного; в) жовтого

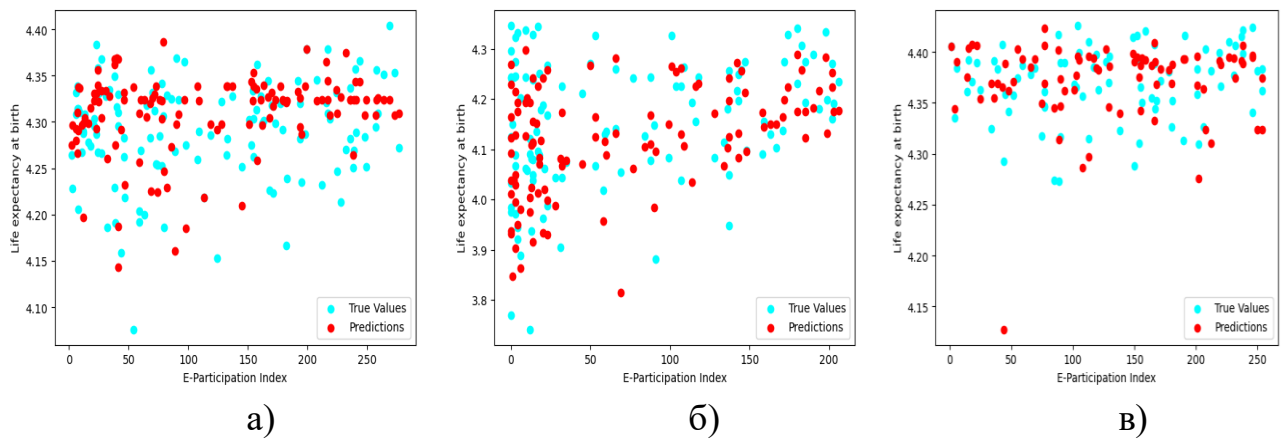


Рисунок 3.15 – Результати неймережевого моделювання впливу індексу електронної участі на ВВП на очікувану тривалість життя при народженні для країн кластерів: а) блакитного; б) червоного; в) жовтого

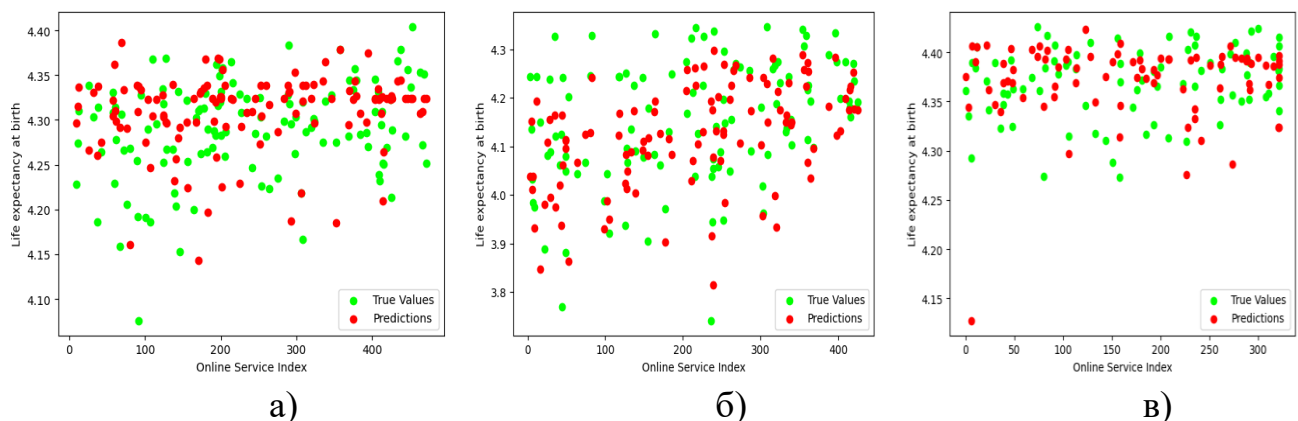


Рисунок 3.16 – Результати неймережевого моделювання впливу індексу онлайн сервісів на очікувану тривалість життя при народженні для країн кластерів: а) блакитного; б) червоного; в) жовтого

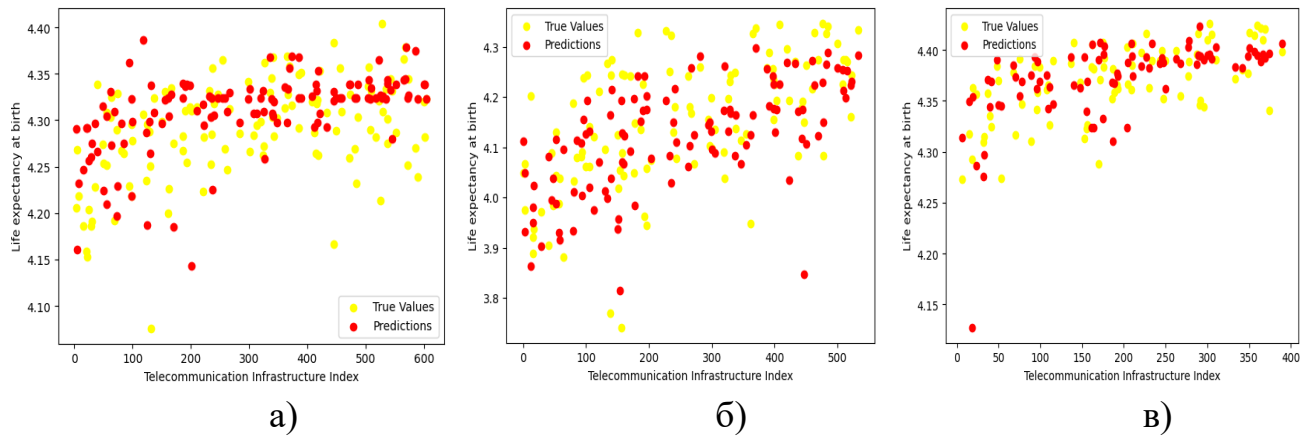


Рисунок 3.17 – Результати нейромережевого моделювання впливу індексу телекомунікаційної інфраструктури на очікувану тривалість життя при народженні: а) блакитного; б) червоного; в) жовтого

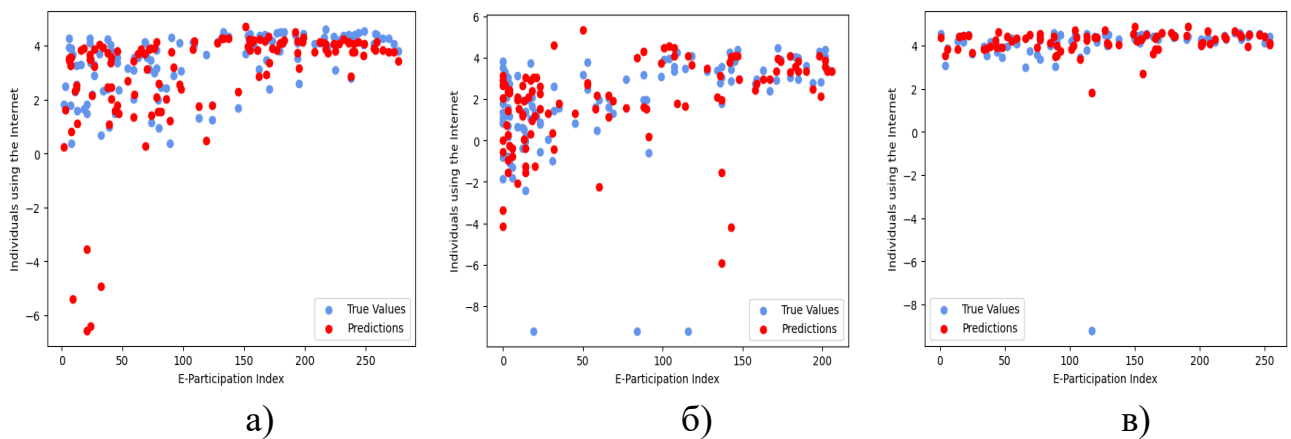


Рисунок 3.18 – Результати нейромережевого моделювання впливу індексу електронної участі на ВВП на кількість осіб, які користуються Інтернетом, для країн кластерів: а) блакитного; б) червоного; в) жовтого

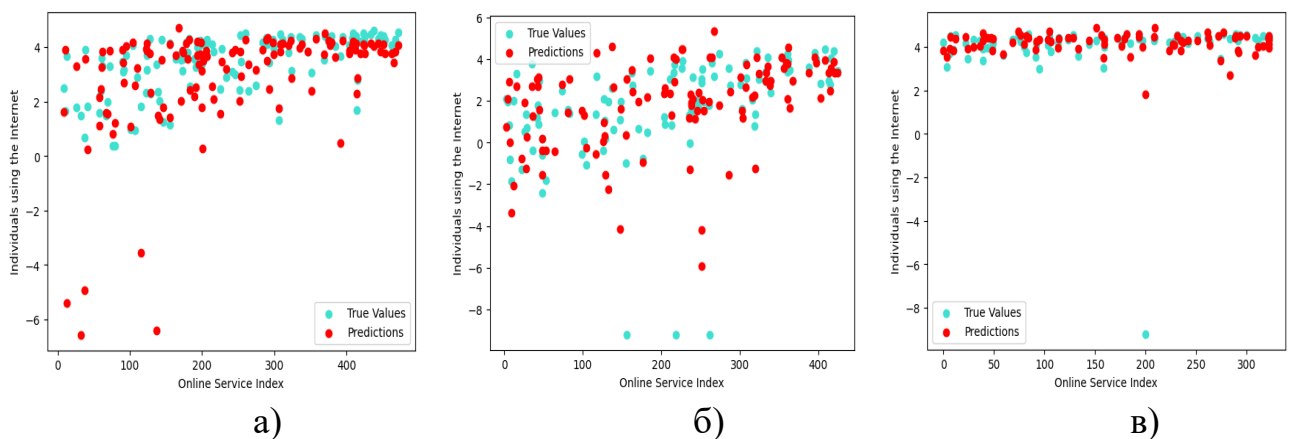


Рисунок 3.19 – Результати нейромережевого моделювання впливу індексу онлайн сервісів на кількість осіб, які користуються Інтернетом, для країн кластерів: а) блакитного; б) червоного; в) жовтого

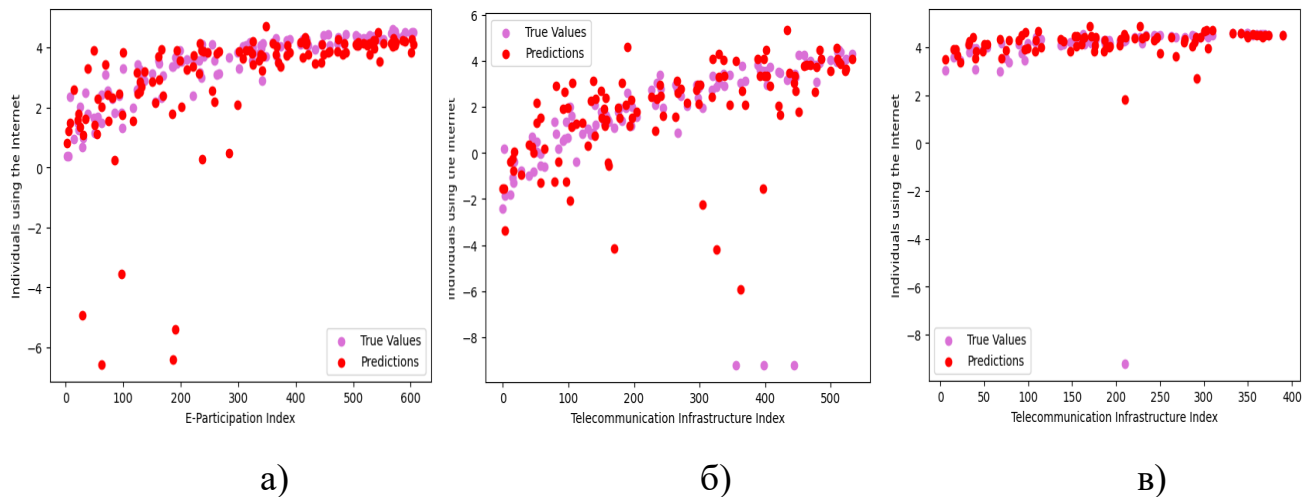


Рисунок 3.20 – Результати неймережевого моделювання впливу індексу телекомунікаційної інфраструктури на кількість осіб, які користуються Інтернетом: а) блакитного; б) червоного; в) жовтого

У результаті проведеного дослідження було реалізовано комплексний аналіз впливу рівня розвитку цифрових сервісів держав на якість життя населення. Ключовим моментом є кластеризація країн за показниками розвитку цифрових сервісів, що було реалізовано за допомогою самоорганізуючих карт Кохонена. Це дозволило визначити групи країн із схожим рівнем розвитку цифрових технологій. Було виділено три кластери – країни з високим, середнім та низьким ступенем цифровізації. На наступному кроці було проведено канонічний аналіз для відбору показників якості життя населення, які можуть бути пов'язані з рівнем розвитку цифрових сервісів. Враховуючи розраховані значення повної надмірності, канонічної кореляції, Хі-квадрату та р-значення, встановлено, що найвищий рівень кореляції спостерігається між показниками ВВП на душу населення, очікуваною тривалістю життя при народженні, особами, що використовують Інтернет, електронною участю, онлайн сервісами та телекомунікаційною інфраструктурою.

Найбільш цікавою частиною дослідження стало неймережеве моделювання впливу показників розвитку цифрових сервісів на показники матеріального благополуччя, здоров'я та соціальної залученості населення країн. Було встановлено, що високий рівень розвитку цифрових технологій

корелює зі збільшенням ВВП на душу населення, підвищенням очікуваної тривалості життя при народженні та збільшенням кількості осіб, що користуються Інтернетом. Це свідчить про те, що країни з активним розвитком цифрових сервісів не лише досягають високих економічних показників, але також можуть покращувати соціальні аспекти життя населення, такі як здоров'я та доступ до інформації. Знання цього впливу дозволяє керівникам держав та міжнародним організаціям ефективно розробляти стратегії для підвищення якості життя через вдосконалення цифрових технологій.

Отже, результати дослідження надають переконливі докази того, що розвиток цифрових сервісів держав може має значущий вплив на якість життя населення. Доступ до цифрових сервісів сприяє підвищенню рівня життя через розвиток економіки, покращення доступу до освіти та охорони здоров'я, а також забезпечує більший потік інформації, що позитивно впливає на свідомість та активність населення. Враховуючи ці фактори, можна зробити висновок, що інвестування в розвиток цифрових технологій стає ключовим фактором для поліпшення якості життя населення. У сучасному світі, де цифрові технології стають необхідною частиною повсякденного життя, вивчення та розуміння впливу цих технологій на соціально-економічний розвиток стає надзвичайно важливим завданням для урядів та державних організацій. Дослідження такого роду дозволяє сформулювати ефективні стратегії розвитку, спрямовані на досягнення гармонії між економічним зростанням та поліпшенням якості життя громадян.

3.3 Методологія інтегрального оцінювання інклюзивності електронних адміністративних послуг в Україні

Використання інформаційно-комунікаційних технологій у сфері публічного управління є одним із ключових напрямків трансформації соціально-економічних відносин у цифровому суспільстві. Інтеграція цифрових

технологій у різні державні функції сприяє оптимізації процесів, скороченню паперової роботи та підвищенню загальної ефективності. Організація функціонування органів державної влади і місцевого самоврядування із застосуванням цифрових технологій та мережі Інтернет для взаємодії з громадянами, бізнесом та між різними рівнями влади знайшла відображення у концепції «електронного урядування».

Електронне урядування є формою організації діяльності органів влади на різних рівнях (державному, регіональному, місцевому), яка не лише реформує традиційні аспекти державного управління, але також стимулює взаємодію між державою та громадянами, забезпечуючи широкий доступ до публічних послуг та інформації. Застосування електронного урядування сприяє підвищенню відкритості, прозорості та ефективності управлінських процесів, що у свою чергу сприяє більш стійкому та інноваційному розвитку держави в епоху цифрової трансформації [118].

Електронне урядування є комплексним поняттям, що охоплює різні аспекти взаємодії між державними інституціями та щаблями влади, а також між органами влади та різними суб'єктами – громадянами, бізнесом, неприбутковими організаціями тощо, що опосередковуються використанням цифрових каналів зв'язку. За типом функціональних можливостей, які можуть бути реалізовані в онлайн режимі, електронне урядування включає електронний документообіг, широкий доступ до інформації, засоби електронної демократії (участь громадян у прийнятті управлінських рішень, зокрема через е-петиції), надання державних чи муніципальних послуг онлайн, галузеве електронне урядування (е-освіта, е-медицина, е-торгівля, е-транспорт та інші) [118].

Електронне урядування дозволяє надавати державні послуги через онлайн-платформи, що полегшує громадянам доступ до інформації, подання заявок на отримання дозволів, сплату податків та використання різноманітних державних послуг без необхідності відвідувати фізичні офіси [119]. Це сприяє підвищенню зручності та доступності адміністративних послуг для громадян, особливо тих, що не мають змоги відвідувати фізичні офіси (наприклад, з

причини їх віддаленості від місця проживання). Водночас, зростання рівня цифровізації державних послуг може стати перешкодою для тих категорій громадян, які з різних причин (відсутність Інтернету, смартфона чи комп'ютера, недостатність цифрових знань і навичок) не можуть користуватися електронними послугами.

Відповідно до Закону України «Про адміністративні послуги» [120] для надання адміністративних послуг в електронній формі використовується Єдиний державний вебпортал електронних послуг, а також інтегровані з ним інформаційні системи органів державної влади та місцевого самоврядування. Адміністративні послуги надаються виключно через центри надання адміністративних послуг (ЦНАПи) або безпосередньо суб'єктами надання адміністративних послуг. Відповідно, електронні адміністративні послуги можуть бути надані через Єдиний державний вебпортал електронних послуг [121], вебпортали ЦНАПів, місцевих адміністрацій, виконавчих органів влади. В ідеалі всі вони мають бути інтегрованими та дозволяти користувачу знайти потрібну йому послугу, не залежно від того, на який саме вебпортал із перелічених він звернувся початково.

Адміністративні послуги класифікуються за різними ознаками (суб'єктами надання, суб'єктами отримання, змістом адміністративної діяльності, платністю, предметом звернення). Для систематизації електронних адміністративних послуг і їх зручного представлення на вебпорталах найчастіше застосовують їх поділ за суб'єктами отримання та предметом звернення, іноді – за суб'єктами надання. Наприклад, на порталі «Дія» [122] державні послуги онлайн включають послуги громадянам та бізнесу, а в межах цих двох груп вони класифікуються за предметом звернення (навколишнє середовище, сім'я, здоров'я, підприємництво тощо). На сайтах Центрів надання адміністративних послуг м. Києва [123] та м. Львова [124] всі електронні послуги представлені за предметом звернення. На сайті Центру надання адміністративних послуг у м. Суми можлива зміна відображення адміністративних послуг як за категоріями (предметом звернення), так і за

установами (надавачами послуг), при цьому електронні адміністративні послуги відображаються лише у розрізі їх надавачів [125].

Зважаючи на високу значимість електронного урядування в підвищенні ефективності публічного управління і суттєву роль цифрових технологій у сучасному суспільстві, багато регіональних і національних громадських організацій, а також міжнародних організацій приділяють значну увагу цим питанням, проводять дослідження та оцінювання розвитку електронного урядування. Наприклад, в Україні протягом декількох років поспіль коаліцією громадських організацій проводився аналіз розвитку електронного урядування у найбільших містах України [126]. ООН здійснює порівняльний аналіз розвитку електронного урядування в країнах світу із періодичністю раз на два роки. Інтегральний індекс розвитку електронного урядування (E-Government Development Index) згідно з методологією ООН включає 3 компоненти [127]:

- розвиток телекомунікаційної інфраструктури (розраховується на основі показників кількості користувачів Інтернет, підписок на фіксований широкопasmовий доступ, активних мобільних широкопasmових підписок та абонентів мобільного стільникового зв'язку);

- людський капітал (розраховується на основі даних про рівень грамотності дорослого населення, валового коефіцієнта охоплення, очікуваної кількості років навчання та середньої кількості років навчання);

- розвиток онлайн послуг (формується на основі п'яти субіндексів – інституційна база, надання послуг, контентне забезпечення, технологія, електронна участь).

Інтегральний індекс розвитку електронного урядування розраховується як середнє арифметичне із трьох зазначених компонентів. Україна протягом досліджуваних років (рисунок 3.21) продемонструвала значне нарощення значень за індексами онлайн послуг та телекомунікаційної інфраструктури, що у свою чергу забезпечило зростання інтегрального індексу розвитку електронного урядування з 0,46 до 0,8 за останні 10 років. Про швидкі темпи розвитку електронного урядування в Україні свідчить також покращення

рейтингової позиції України серед країн світу протягом останніх років (нижче значення рангу означає вищу позицію країни у рейтингу).



Примітка. На графіку представлені лише ті роки, в які проводилося оцінювання індексу розвитку електронного урядування.

Рисунок 3.21 – Індекс розвитку електронного урядування України за методологією ООН. Джерело: складено на основі [127]

Однак розглянуті підходи до аналізу розвитку електронного урядування дають лише узагальнюючу оцінку та описують загальний тренд розвитку електронних адміністративних послуг, не враховуючи при цьому, наскільки сформована система електронного урядування є інклюзивною та соціально справедливою.

Слід зауважити, що центри надання адміністративних послуг в Україні можуть створюватися у різних формах залежно від чисельності населення громад та відстані між населеними пунктами. Можливе функціонування одного ЦНАПу на декілька населених пунктів громади або лише на один населений пункт, у формі територіального підрозділу, мобільного офісу, віддаленого робочого місця адміністратора тощо. В малочисельних і віддалених районах

створення фізичних підрозділів ЦНАП не є економічно обґрунтованим, отримання за потреби адміністративних послуг в електронному вигляді населенням цих районів могло б бути оптимальним рішенням. Однак, часто в сільських місцевостях доступ до Інтернету є обмеженим, а якість мобільного покриття низькою, що зумовлює «виключення» (ексклюзію) відповідних груп населення із цифрового суспільства.

Тому ефективність електронного урядування в цілому необхідно аналізувати не за показниками його розвитку у найбільших містах з високим рівнем цифровізації і доступності послуг, а за рівнем залученості до електронного урядування мешканців віддалених районів, малочисельних населених пунктів, а також вразливих категорій населення.

Інклюзивність в контексті електронного урядування передбачає забезпечення рівних можливостей та доступу до цифрових технологій для всіх груп суспільства, незалежно від їхнього соціального статусу, віку, здоров'я, етнічної приналежності чи інших характеристик. Інклюзивність у електронному урядуванні важлива з точки зору справедливості, рівності та підтримки різноманітності в суспільстві. Забезпечення інклюзивності електронного урядування включає безбар'єрність доступу (доступність сервісів для всіх груп населення, включаючи людей з інвалідністю та тих, хто може мати обмежений доступ до інтернету); гендерну рівність (рівне представництво та участь жінок і чоловіків у електронному урядуванні); ергономіку та дизайн для всіх (розробка інтерфейсів та дизайну з урахуванням потреб людей різних вікових груп, з різними рівнями навичок та іншими особливостями).

Питання інклюзивності та соціальної рівності піднімаються в останньому звіті ООН з оцінювання індексу розвитку електронного урядування [127]. Зокрема, у звіті зазначається, що при оцінюванні онлайн сервісів в електронному урядуванні було проаналізовано, наскільки враховані інтереси вразливих груп населення за такими критеріями: чи наявні електронні адміністративні послуги для вразливих груп, а також чи користуються вразливі

категорії населення електронними адміністративними послугами загального призначення (для різних категорій населення).

Відповідно до вітчизняного законодавства до вразливих груп населення відносяться особи або сім'ї, які мають найвищий ризик опинення у складних життєвих обставинах внаслідок впливу несприятливих зовнішніх чи внутрішніх чинників. Такими несприятливими чинниками можуть бути невиліковні хвороби, психічні та поведінкові розлади, інвалідність, похилий вік, бездомність, безробіття, малозабезпеченість, насильство за ознакою статі, шкода, завдана пожежею, стихійним лихом, катастрофою, бойовими діями, терористичним актом, збройним конфліктом, тимчасовою окупацією та інші [128].

Таким чином, до вразливих груп населення традиційно відносять осіб з інвалідністю, пенсіонерів, безробітних, жінок, внутрішньо переміщених осіб, малозабезпечені сім'ї. Часто ці вразливі групи не можуть скористатися електронними адміністративними послугами через відсутність технічних засобів (комп'ютерів, смартфонів), доступу до Інтернету або необхідних навичок. При цьому, саме ці групи є одними з потенційних користувачів адміністративних послуг (наприклад, підрозділу соціальних послуг та реєстраційних дій).

Слід зазначити, що на порталі Дія наявний окремий розділ з послугами для вразливих груп населення – «Дія.Безбар'єрність». Цей розділ об'єднує адміністративні послуги для ВПО, людей з інвалідністю, батьків, літніх людей та шукачів роботи [122].

Проведене дослідження наявних підходів до аналізу системи електронного урядування та побудови інтегральних індексів розвитку електронних адміністративних послуг підтвердило недостатність врахування принципів інклюзивності та доступності електронних послуг для вразливих верств населення. Наведені аргументи зумовлюють актуальність розробки методологічного підходу до оцінювання рівня інклюзивності електронних адміністративних послуг в Україні (рисунок 3.22).

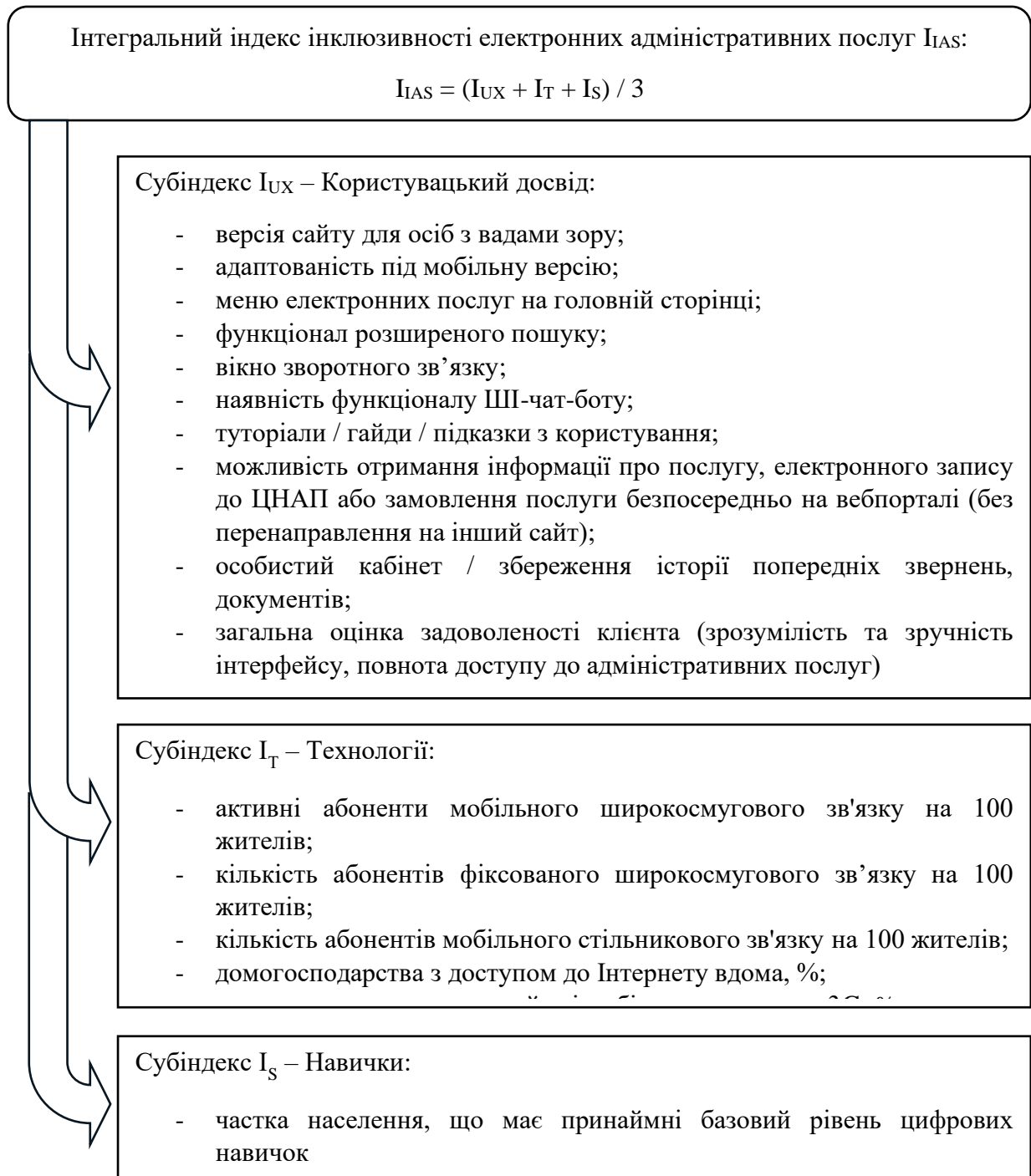


Рисунок 3.22 – Складові індексу інклюзивності електронних адміністративних послуг

Відповідно до запропонованого підходу інтегральний індекс інклюзивності електронних адміністративних послуг розраховується як середнє арифметичне трьох субіндексів, кожен з яких є узагальнюючою оцінкою

певного аспекту доступності електронних послуг та можливості їх використання різними групами населення, з акцентом на вразливі групи.

Об'єктивними перешкодами в отриманні електронних адміністративних послуг населенням можуть бути відсутність доступу до Інтернету чи відповідних технічних засобів (смартфону, персонального комп'ютера, планшета тощо) та/або відсутність необхідних навичок і знань для їх використання. Оцінювання цих складових здійснюється за допомогою відповідних субіндексів I_T – Технології та I_S – Навички.

Субіндекс I_T розраховується на базі значень 5 коефіцієнтів з рівною питомою вагою (0,2), що характеризують кількість абонентів різних видів фіксованого і мобільного зв'язку, якість мобільного зв'язку (мережа 3g) та доступ до Інтернету. Коефіцієнти, включені до розрахунку субіндекса мають різні одиниці виміру, тому перед розрахунком субіндексу здійснюється їх нормалізація та приведення до шкали від нуля до одиниці з використанням методу min-max нормалізації (формула 3.1):

$$x_{in} = \frac{x_i - \min(x)}{\max(x) - \min(x)}, \quad (3.1)$$

Для розрахунку індексу цифрових навичок I_S використовується тільки один показник – частка населення, що має принаймні базовий рівень цифрових навичок. Для співставності даних, значення цього коефіцієнта приводиться у шкалу від 0 до 1.

Аналізуючи значення субіндексів I_T та I_S , необхідно брати до уваги наявність в громаді програм із забезпечення малозабезпечених сімей електронними пристроями, наявність безкоштовного безпроводного інтернету в громадських місцях для жителів населеного пункту (наприклад, у громадському транспорті), а також наявність муніципальних/місцевих програм навчання цифровій грамотності.

Третій субіндекс I_{UX} – Користувацький досвід – формується на основі надання бінарних оцінок (0 або 1) за 10 критеріями, що характеризують простоту та інтуїтивність інтерфейсу вебплатформ з надання електронних адміністративних послуг, його адаптованість під людей з особливими потребами, мультиканальність доступу та варіативність можливостей отримання підказок та зворотного зв'язку. Для визначення підсумкового значення субіндекса I_{UX} сума бінарних оцінок за 10 критеріями переводиться пропорційно у шкалу від 0 до 1 шляхом ділення отриманої суми на 10.

Платформа з надання цифрових адміністративних послуг повинна бути простою у користуванні навіть для користувача, що має базові чи нижче базового рівня знання цифрових технологій, не має досвіду роботи із сайтами та пошуковими ресурсами. У зв'язку з цим, меню електронних послуг для громадян повинно знаходитися на головній сторінці сайту, бути видимим, мати просту і зрозумілу структуру, а не бути захованим у другому чи третьому рівні меню в інших закладках. Крім того, простою і швидкою повинна бути процедура ідентифікації чи реєстрації особистого кабінету. Однак це не виключає потреби у захисті інформації та особистих даних. Окремим критерієм винесено наявність особистого кабінету користувача, адже його наявність (або аналогу) забезпечує збереження даних про попередні звернення, отримані чи надіслані документи, а також спрощує подальшу взаємодію із вебпорталом.

Важливою складовою оцінювання користувацького досвіду є врахування мультиканальності доступу до електронних послуг (наявність мобільної версії / мобільного застосунку та версії для ПК), а також можливість адаптації інтерфейсу під особливі потреби (зміна кольорової схеми, розміру шрифту, увімкнення голосового озвучення, перемикання на шрифт Брайля, можливість запису звернення жестовою мовою тощо).

Останнім критерієм користувацького досвіду є суб'єктивна оцінка задоволеності користувача від відвідування сайту – наскільки зручною і корисною була інформація на сайті, чи зміг користувач знайти потрібну послугу та виконати бажані дії (стати в електронну чергу, отримати

інформацію, написати звернення тощо). Отримання такої оцінки можливе шляхом опитування користувачів в особистому кабінеті, месенджері або в діалоговому вікні при спробі закриття сторінки сайту.

Таким чином, методологія оцінювання інклюзивності електронних адміністративних послуг ґрунтується на розрахунку показників в межах трьох блоків – технології, навички та користувацький досвід, їх нормалізації і приведення до шкали [0-1] та розрахунку інтегрального індексу інклюзивності.

Основні напрямки стратегій розвитку електронного урядування в Україні охоплюють розвиток галузевих електронних послуг, телекомунікаційної інфраструктури та технологічного забезпечення електронного урядування, покращення функціонування веб-сайтів та взаємодії з громадянами через соціальні мережі. Водночас, питанням доступу до електронних адміністративних послуг вразливих груп населення, не приділяється достатня увага.

На поточному етапі відсутність доступу до електронних адміністративних послуг вирішується наявністю фізичних підрозділів ЦНАПів. Відповідно частина фінансування направляється на утримання державних службовців та відповідних приміщень для роботи. Перерозподіл фінансування на користь інформаційно-просвітницької діяльності у сфері електронного урядування, забезпечення достатньої якості мобільного та інтернет покриття дозволить в майбутньому знизити навантаження на фізичні підрозділи ЦНАП, підвищити якість, швидкість та зручність отримання адміністративних послуг.

Інклюзивність адміністративних послуг зараз забезпечується комбінуванням електронних послуг з їх отриманням у фізичних офісах ЦНАП. Однак зважаючи на подальший розвиток електронного урядування та збільшення кількості адміністративних послуг, що зможуть надаватися онлайн, вектор руху повинен іти не на розмежування груп населення, які користуються електронними послугами та тими, хто відвідує фізичні офіси, а на забезпечення рівних можливостей громадян у доступі до електронних послуг.

З метою досягнення інклюзивності у електронному урядуванні необхідна розробка і впровадження політик і програм включення вразливих груп населення до цифрового суспільства через інформаційно-просвітницьку діяльність в сфері цифрової грамотності, максимальне спрощення та зрозумілість інтерфейсу сайтів надавачів електронних адміністративних послуг, забезпечення мультिकанальності взаємодії громадян та органів влади, і пошук можливостей для забезпечення доступом до Інтернету та електронними девайсами малозабезпечених та інших вразливих груп населення.

РОЗДІЛ 4. РОЛЬ ЦИФРОВІЗАЦІЇ СУСПІЛЬНИХ ВІДНОСИН У РОЗВИТКУ ВИЩОЇ ОСВІТИ

4.1 Концептуальна трилема вищої освіти як основа формування моделі її трансформації в умовах цифровізації суспільних відносин

Дослідження трилеми вищої освіти в умовах цифровізації в поточних умовах функціонування освітніх установ в Україні є вкрай важливим. Це зумовлено тим, що наразі відбуваються глобальні трансформації під впливом стрімкого розвитку цифрових технологій, що вносить суттєві зміни у способи навчання, доступ до освіти та організацію освітнього процесу. Розвиток цифрових технологій ставить перед вищою освітою як нові виклики, так і надає значні можливості, вимагаючи не лише адаптації до змін, а й активної імплементації цифрових інструментів в освітній процес.

Ураховуючи активні бойові дії в Україні, дослідження впливу цифровізації на функціонування вищої освіти стає ще більш актуальним, оскільки поточні умови генерують нові складні загрози для системи вищої освіти, зокрема через втрати людського потенціалу, освітньої інфраструктури, втрату чи обмеження доступу до навчання тощо. Цифрова трансформація освіти також може бути стримана або перервана через обмежений доступ до цифрових технологій, нестабільність мережі зв'язку та інфраструктури в умовах бойових дій, що ускладнює або унеможлиблює їх використання.

Отже, важливість дослідження трилеми вищої освіти в умовах цифрової трансформації набуває особливого значення, оскільки вона визначає можливі шляхи адаптації та розвитку освітніх стратегій, спрямованих на збереження доступності, підвищення якості та забезпечення стабільності в освітній сфері України у надзвичайних умовах.

Це питання охоплює низку фундаментальних аспектів, які потребують глибокого розуміння та аналізу для досягнення оптимальних рішень у сфері

вищої освіти. Зважаючи на зазначене, метою дослідження є формування концепту трилеми вищої освіти в умовах цифровізації суспільних відносин.

Узагальнивши напрацювання науковців, концепт трилеми вищої освіти пропонуємо фокусувати на трьох основних векторах її розвитку: якість освітніх послуг, доступність та ефективність (пошук рішень на користь найбільш ефективних та стійких способів надання освітніх послуг) (рисунок 4.1).

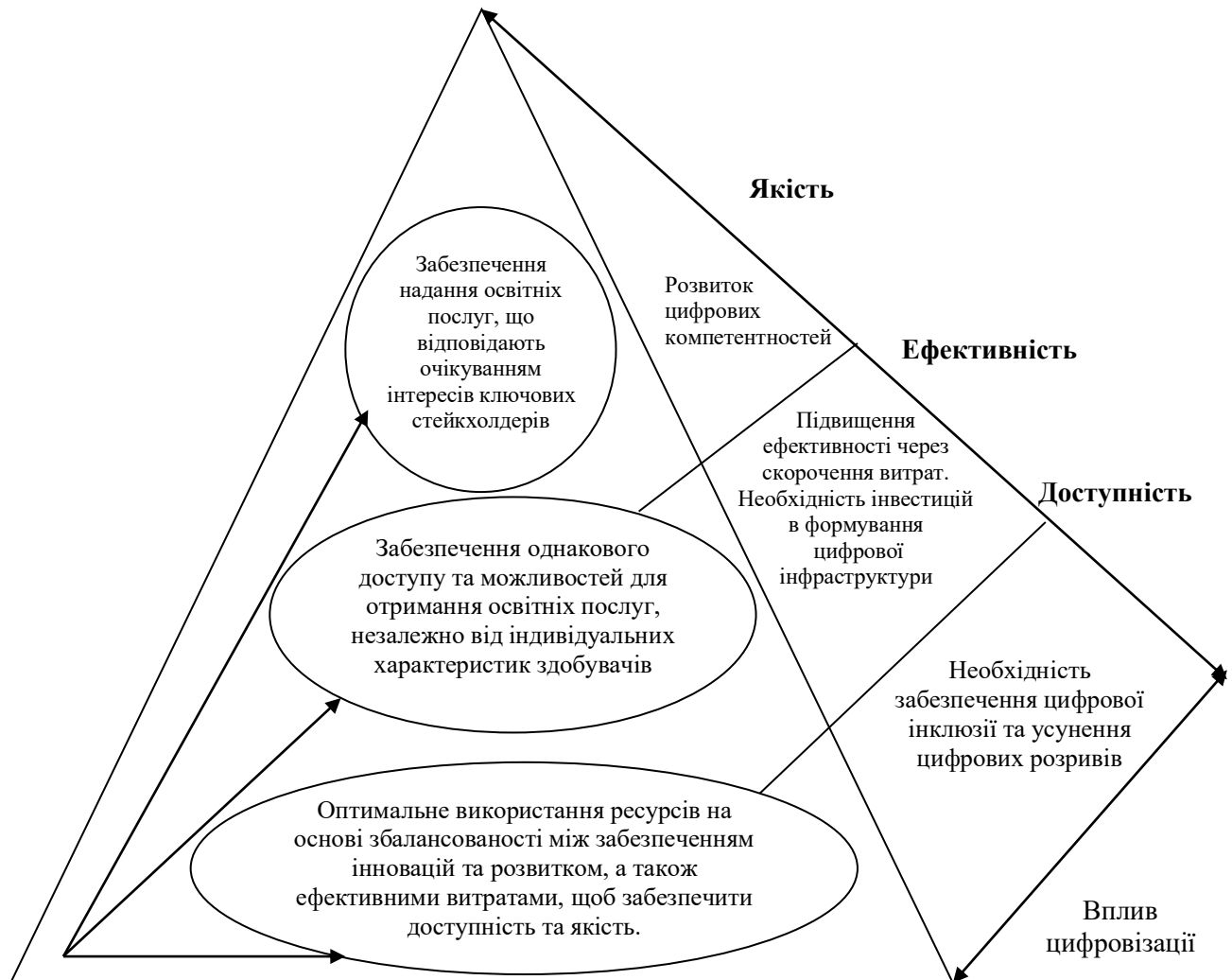


Рисунок 4.1 – Концептуальна трилема вищої освіти в умовах цифровізації.

Джерело: узагальнено автором

Ці вектори створюють трилему через те, що досягнення цих цілей одночасно є складним регуляторним завданням. Потреба у забезпеченні високої якості, доступності, спрямованості на розвиток особистості за вимоги забезпечення ефективності, що, як правило, передбачає оптимізацію витрат та

раціональне використання ресурсів, є складним завданням, особливо в умовах поточного середовища функціонування освітніх провайдерів України.

Якщо мається на меті зробити вищу освіту доступнішою та підтримати її якість на належному рівні, то знадобиться значно збільшити фінансування в цьому напрямі з боку держави. Проте за невиконання останньої умови, тобто у разі недостатнього державного фінансування, підтримувати якість вищої освіти складно, оскільки це, як правило, призводить до обмеження можливості для створення інноваційних освітніх програм та впровадження новітніх методів навчання та викладання, перевантаження освітньої інфраструктури, недостатньої підтримки для здобувачів та викладачів тощо. З іншого боку, якщо в умовах обмеженого фінансування зробити акцент на якості, то доступність освіти знизиться.

Зважаючи на зазначене, балансування між цими векторами та оптимізація цільових таргетів є складним завданням, що має бути реалізовано у процесі реформування системи вищої освіти України в умовах цифрової трансформації.

Розв'язання цього завдання потребує комплексного підходу. Це включає не лише збільшення державного фінансування в абсолютному розмірі, а насамперед оптимізацію його розподілу, адаптацію ефективних стратегій управління ресурсами та залучення фінансування з інших джерел.

Як додатковий фактор, що має бути врахований при формуванні моделі трансформації системи вищої освіти в рамках трилеми «якість – доступність – ефективність», є цифровізація суспільних відносин.

У рамках цього дослідження цифровізація розглядається як комплексний перехід до використання цифрових інструментів та стратегій в усіх сферах, що надає можливість суспільним інститутам та індивідуумам адаптуватися до середовища, що швидко змінюється, підвищувати продуктивність, оптимізувати процеси та впроваджувати інновації.

Система вищої освіти та цифровізація суспільних відносин взаємодіють ускладнено та взаємопов'язано, викликаючи як прямі, так і опосередковані

взаємодії, що впливають на розвиток обох процесів, та мають бути враховані в рамках балансування трилеми «якість – доступність – ефективність».

Прямі зв'язки між системою вищої освіти та цифровізацією включають:

- вплив на якість вищої освіти, забезпечуючи її модернізацію.

Цифрові технології впливають на освітні програми, методи навчання та організацію навчального процесу, забезпечуючи їх оновлення; сприяють проведенню наукових досліджень, розвитку нових технологій, що розширюють інноваційну орієнтацію системи вищої освіти. Крім цього, застосування цифрових інструментів навчання, виходячи з їх сутнісних характеристик, забезпечить також розвиток цифрової компетентності, ключової для успішного працевлаштування в сучасному світі та освіти впродовж життя;

- вплив на рівень доступності освітніх послуг.

Цифрові технології можуть стати інструментом для зменшення нерівності в системі вищої освіти, відкриваючи можливості для дистанційної та змішаної форм навчання в синхронному та асинхронному форматах, зменшуючи витрати здобувачів;

- вплив на ефективність освітніх послуг через оптимізацію адміністративних та освітніх процесів.

Опосередковані зв'язки полягають в стимулюванні:

- розвитку людського потенціалу через попит на кваліфікованих фахівців, що володіють сучасними знаннями та цифровими навичками, адаптованими до постійних змін у суспільстві;
- створенні та підтримці інноваційного середовища: Вища освіта сприяє розвитку інноваційних ідей та підтримці стартапів, що є важливим елементом в цифровізованому суспільстві.

Крім стимулювальних трансмісійних ефектів, цифровізація має й інгібіторні трансмісійні впливи, що можуть ускладнити балансування цілей в рамках трилеми «якість – доступність – ефективність».

Ключовим негативним ефектом є зростання цифрового розриву, що впливає на доступність до вищої освіти.

Результати дослідження свідчать, що на початковому етапі цифрові розриви розглядались як нерівності у фізичному доступі до інформаційно-комунікаційних технологій та інтернету [130]. Цей підхід базувався на теорії технологічного детермінізму, відповідно до якого технології є основним тригером змін у суспільстві, коли всі інші фактори змін (соціальні, економічні) розглядаються як вторинні. За цим підходом цифровий розрив розглядався у бінарній системі наявності / відсутності доступу до інформаційно-комунікаційних технологій та інтернету [131]. Відповідно до нього у разі забезпечення вільного доступу до цих технологій проблема цифрового розриву буде розв'язана.

Подальші дослідження виявили, що бінарне вимірювання використання або невикористання інформаційно-комунікаційних технологій та інтернету є недостатнім, адже наявність фізичного та матеріального доступу до них відрізняється від доступу до інформації та цифрових послуг [132], і цифровий розрив може виникати навіть за умови наявності доступу, якщо громадяни не мають здатності та адекватних навичок користування ними [133].

Цифровий розрив другого рівня концентрує увагу на сформованості такого рівня цифрових навичок, що забезпечить необхідний рівень цифрової інклюзії.

При розробленні освітніх стратегій подолання цифрового розриву другого рівня необхідно враховувати характеристики користувачів інтернету, які відіграють важливішу роль у використанні інформаційно-комунікаційних технологій та інтернету, ніж характеристики самої мережі.

На наступному етапі досліджень дискурс цифрового розриву зосередився на результатах використання інформаційно-комунікаційних технологій та інтернету. Ця концепція отримала назву цифрового розриву третього рівня [134], що виникає у випадку, коли володіння цифровими навичками та використання інформаційно-комунікаційних технологій та інтернету не призводять до отримання економічних, соціальних та культурних вигід [135].

Наразі в окремих дослідженнях виділяється цифровий розрив четвертого рівня як розрив у навчанні через такі елементи, як рівень навчання, способи навчання та процес навчання [136, 137]. Він виникає в тому випадку, коли одні люди (регіони, групи людей) розробляють та використовують нові моделі навчання ефективніше, ніж інші. Перевага цього підходу полягає в тому, що в ньому об'єднано розуміння всіх рівнів цифрового розриву з акцентом саме на ефективне використання інформаційно-комунікаційних технологій та інтернету, а не лише на матеріальний або фізичний доступ до них.

Узагальнивши зазначене вище в контексті нашого дослідження, ми визначили, що для подолання цифрових розривів необхідною є ефективна конвергенція освітніх та економічних концептів, мультиплексивний, трансмісійний, багатоканальний та багаторівневий вплив якої зростає в умовах цифровізації суспільства.

Роль вищої освіти у забезпеченні подолання цифрових розривів, особливо другого, третього та четвертого рівнів, має трансформуватися від похідної (через задоволення поточних соціально-економічних та суспільних потреб) до визначальної – як інтелектуального тригера інституалізації майбутніх суспільних можливостей.

Цифровізація вищої освіти є ресурсомісткою, що може негативно впливати на такий вектор, як ефективність, через зростання витрат на формування:

- матеріальних та фінансових ресурсів, які використовуються для формування цифрового освітнього середовища як в закладах вищої освіти, так і студентами. Слід наголосити, що фінансова ресурсомісткість цифровізації включає всі витрати, пов'язані з використанням комп'ютерів, підключень, периферійних пристроїв, програмного забезпечення та послуг для цифрового середовища;
- інтелектуальних ресурсів працівників закладів вищої освіти з метою забезпечення їх спроможності належним чином використати потенціал

цифрової трансформації (витрати на підвищення кваліфікації у сфері цифрових компетентностей) та вмотивованих до цього;

- просторово-часових ресурсів працівників закладів вищої освіти шляхом їх забезпечення часом та простором для підтримки доступу та прийняття цифрового середовища.

Отже, цифровізація вищої освіти вимагає наявності усіх видів ресурсів та доступу до них на рівні всіх суб'єктів освітнього процесу.

Попри наявні переваги, негативно впливають на якість цифрової освіти такі фактори, як:

- знеособлення – через зменшення можливостей спілкування та взаємодії між студентами та викладачами, результатом чого може бути погіршення формування соціальних навичок;

- деперсоналізація – через віддалення викладача від студента, особливо для тих здобувачів, які потребують додаткової підтримки або особистого спілкування;

- демотивація – через одноманітність та малопродуктивність, особливо якщо система освітніх технологій не враховує особливості здобувачів, їх потреби та мотивації;

- залежність здобувачів від використання технологій технології або програмного забезпечення певного виду для виконання конкретних завдань. Це може обмежити їх здатність працювати з іншими інструментами або методами, що можуть бути необхідними у майбутньому для їх професійного розвитку.

Отже, цифровізація суспільства та система вищої освіти взаємодіють прямо та опосередкованого, створюючи умови для вдосконалення освітнього процесу, розвитку нових підходів у науці та технологіях, сприяючи суспільному та економічному розвитку (рисунок 4.2).

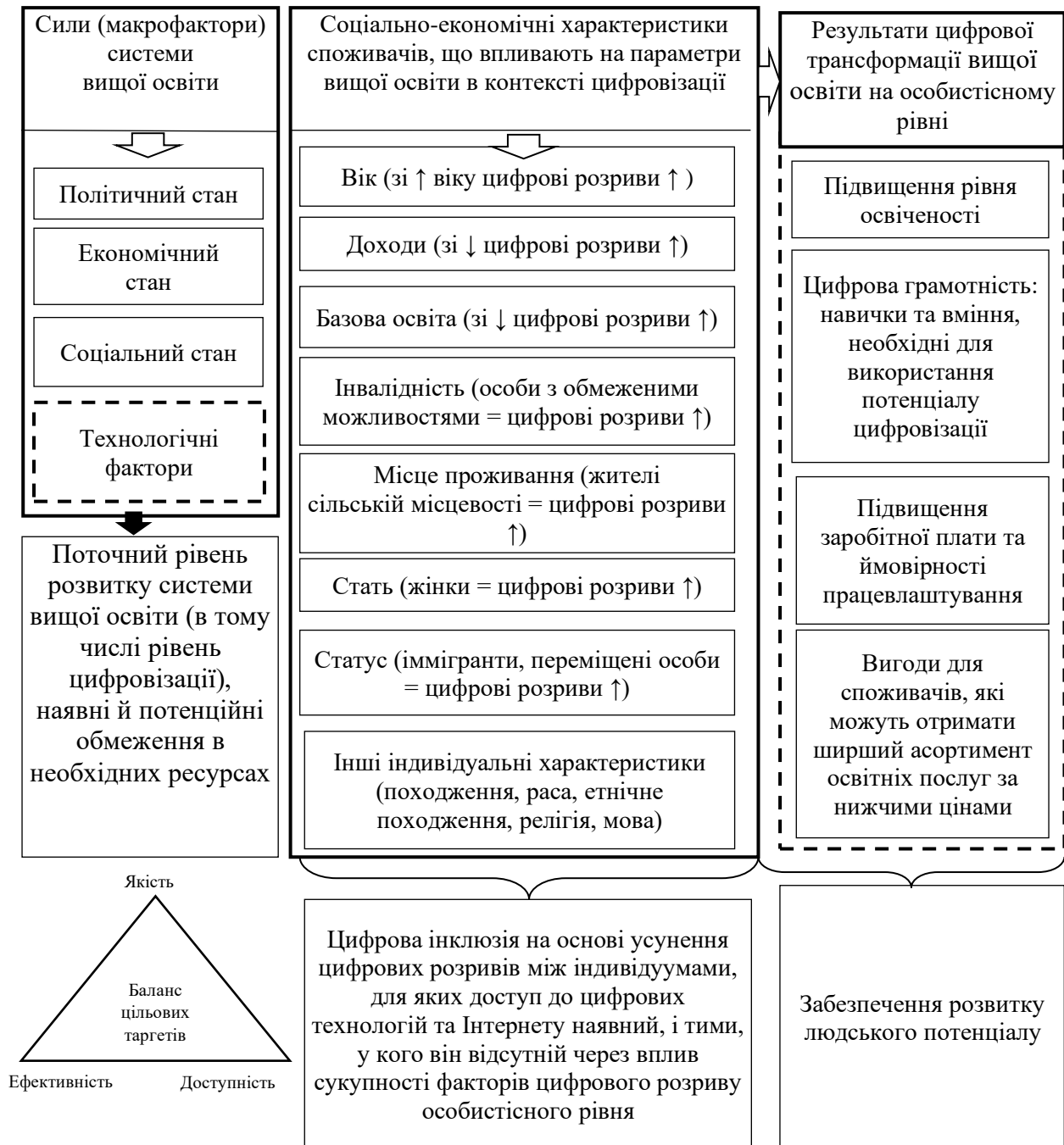


Рисунок 4.2 – Концептуальна трилема вищої освіти в умовах цифровізації суспільних відносин: фактори та ключові поняття. Джерело: узагальнено

автором

Таким чином, набули подальшого розвитку методологічні засади формалізації цільової системи трансформації системи вищої освіти, що на відміну від наявних базується на концепті трилеми вищої освіти в рамках

векторів «якість освітніх послуг – доступність – ефективність» в умовах цифровізації суспільних відносин.

Це дозволить розробляти практичний інструментарій для розроблення цільових таргетів трансформації системи вищої освіти та кількісних композитних та часткових індикаторів вимірювання їх досягнення.

4.2 Вплив цифрових трансформацій сучасного освітнього процесу на забезпечення якості вищої освіти

Індустрія інформаційних технологій є невід’ємною складовою сучасної епохи та пов’язана з усіма сферами людської життя. У більшості країн світу цифрова трансформація всіх аспектів суспільного життя розглядається як ключовий фактор підвищення конкурентоспроможності та стимулювання інноваційного розвитку країни. Тому на сьогоднішній день важливою проблемою є дослідження впливу цифровізації на всі аспекти вищої освіти, від розвитку цифрової компетентності у студентів, викладачів та персоналу університетів до розвитку цифрової інфраструктури освітніх закладів.

Актуальність даного питання також підтверджується прийняттям низки стратегічних документів в європейських країнах, зокрема "Ініціатива – «Цифровий порядок денний для Європи» («Digital agenda for Europe») та європейська стратегія економічного розвитку «Європа 2020: стратегія розумного, сталого і всеосяжного зростання» («Europe 2020: A strategy for smart, sustainable and inclusive growth»).

В Європейському Союзі ще у 2006 р. цифрова компетентність була визнана однією з ключових компетентностей для навчання впродовж життя, а у 2013 р. було розроблено та впроваджено Європейську рамку цифрової компетентності громадян (DigComp (Digital Competence), в якій визначено основні форми й методи розвитку такої компетентності учасників освітнього процесу, а також засади створення цифрового навчального середовища в

закладі освіти [138]. Вона зосереджена на концептуальній, еталонній моделі цифрової компетентності, новому словнику та оптимізованих дескрипторах. За результатами проведеного Європейською комісією дослідження «Цифрова компетентність на практиці: рамковий аналіз», було визначено, що цифрова компетентність - це впевнене, критичне і відповідальне використання та взаємодія з цифровими технологіями для навчання, професійної діяльності (роботи) та участі у житті суспільства.

Також, розроблено Європейську рамку цифрової компетентності педагогів (DigCompEdu), яка описує, що означає для педагога бути компетентним в цифровому середовищі та, в цілому, формує загальну основу підтримки розвитку цифрових компетенцій викладача в Європі. DigCompEdu спрямована на педагогів усіх рівнів освіти, від дошкільної до вищої освіти, а також освіти дорослих, включаючи рівень загальної та професійної освіти, інклюзивну та неформальну освіту.

Країни та інституції активно реагують, спрямовуючи зусилля на забезпечення якості освіти та прискорення досягнення Цілей сталого розвитку (ЦСР), визначених Організацією Об'єднаних Націй. З метою підтримки стійкої та ефективної адаптації систем освіти та навчання Європейський Союз представив План дій цифрової освіти (2021–2027), орієнтований на розвиток високоефективної екосистеми цифрової освіти та вдосконалення цифрових навичок, сприяючи можливостям цифрової трансформації. План дій представляє собою оновлену політичну ініціативу Європейського Союзу (ЄС), яка визначає спільне бачення високоякісної, інклюзивної та доступної цифрової освіти в Європі, що спрямована на підтримку адаптації систем освіти та навчання держав-членів до цифрової епохи [139]. З 2012 р. Європейська асоціація університетів (European University Association, EUA) сфокусувала увагу на розвитку цифровізації шляхом поширення Massive Open Open Courses (MOOCs). З 2020 р. дана асоціація впроваджує проєкт основною метою якого є розроблення інституційних стратегій розвитку та сприяння цифровізації

шляхом поширення кращих практик, обміну досвідом серед керівного складу університетів та підтримки розвитку академічної спільноти.

В Україні реалізація цифрових трансформаційних процесів була започаткована у 1998 р. з прийняття Закону України «Про Національну програму інформатизації», а безпосередній перехід до цифрової економіки відбувся у 2013 р. відповідно до розпорядження КМУ «Про схвалення стратегії розвитку інформаційного суспільства України». З метою інтеграції нашої країни у світовий простір у 2016 р. Кабінетом Міністрів України було презентовано проєкт «Цифровий порядок денний України 2020», а також розроблено Цифрову адженду України – 2020, Концепцію розвитку цифрової економіки та суспільства України на 2018–2020 роки. У Цифровій адженді України – 2020 було відмічено, що цифровізація має стати об'єктом фокусного та комплексного державного управління. Концепція розвитку цифрових компетентностей є інституційною основою формування державної політики у сфері просування цифрових компетентностей, зокрема підвищення рівня освіченості населення. Положення концепції в повній мірі відповідають чинним законодавчо-нормативними документами України у сфері освіти, стратегічним плановим документам розвитку країни, а також спрямовані на забезпечення тісної співпраці із Європейським Союзом. Основні положення даних документів в повній мірі корелюють з європейськими дослідженнями: «Цифрова компетентність на практиці: рамковий аналіз», «План дій щодо цифрової освіти.

Окремі пункти Стратегії розвитку вищої освіти в Україні на 2022-2032 роки присвячені розвитку цифровізації освіти та формуванню цифрових компетентностей. Крім того, в Концепції розвитку педагогічної освіти акцентується увага на необхідності впровадження в систему освіти для всіх учасників освітнього процесу особистісно-орієнтованого й компетентнісного підходів, забезпечення формування універсальних компетентностей (soft skills), опанування новітніх педагогічних технологій, посилення практичної складової педагогічної освіти.

За результатами досліджень, проведених у процесі реалізації міжнародного проекту Erasmus+ “Рамкова структура цифрових компетентностей для українських вчителів та інших громадян” у березні 2021 року було презентовану Рамку цифрової компетентності для громадян України. Крім того, за результатами досліджень проєктних груп при МОН України презентовано Рамку цифрової компетентності для педагогічних та науково-педагогічних працівників.

В Україні у сфері вищої освіти процесу цифровізації набули особливої значущості в умовах пандемії COVID-19 та повномасштабного вторгнення. На сьогоднішній день на процеси діджиталізації вищої освіти мають вплив два основних фактори: попит ринку праці на робочу силу, яка володіє високим рівнем цифрових навичок та надання цифрових освітніх послуг закладами освіти.

Ряд вітчизняних та зарубіжних вчених присвятили свої праці вивченню поняття «цифровізація освіти» у своїх дослідженнях. Це міждисциплінарне поле, і автори з різних галузей досліджують вплив цифрових технологій на освітні процеси (таблиця 4.1).

Таблиця 4.1 – Науково-методичні підходи до визначення поняття «цифровізація (діджиталізація) вищої освіти» [140, 141, 142, 143]

Автор	Визначення «цифровізація (діджиталізація) вищої освіти – це...»
Гужва В.	створення єдиного інтерактивного інформаційного простору закладів вищої освіти
Торінг Е., Фогль Д., Рудольф Р.	використання інформаційних технологій для підтримки викладання та навчання (наприклад, навчання зі зміщенням у часі через цифрові матеріали та анотації або в режимі реального часу взаємодія в аудиторії)
Бабаєв В., Стадник Г., Момот Т.	цифровий освітній простір. Взаємодія викладача та студентів відбувається на онлайн-платформах, які є одним з інструментів управління навчальним процесом і контентом
Шанділя Г., Шривастава А.	модернізація, реформування та трансформація, а також розв’язання проблем і ухвалення рішень у вищій освіті за допомогою цифрових технологій
Угур Н.	трансформація навчально-освітнього та управлінського процесу, соціальних практик у системі вищої освіти, обумовлена впровадженням цифрових технологій

Таким чином, цифровізація вищої освіти розглядається в різних аспектах, проте загальною тенденцією є використання цифрових технологій для покращення процесів навчання, управління та забезпечення доступу до ресурсів вищої освіти.

На нашу думку, під цифровізацією вищої освіти варто розуміти процес впровадження та інтеграції цифрових технологій на основі створення та розвитку цифрового середовища ЗВО з метою оптимізації освітніх процесів, підвищення ефективності та розширення можливостей навчання та досліджень, розвитку цифрових компетентностей у студентів, викладачів та інших учасників вищої освіти.

Цифрова трансформація у сфері вищої освіти породжує ряд переваг, спрямованих передусім на досягнення Цілей сталого розвитку. Це пов'язано, насамперед, із зменшенням соціальної нерівності та підвищенням рівня соціальної інклюзії через гарантування вільного доступу здобувачів вищої освіти до відкритих освітніх систем та ресурсів без географічних обмежень, а також повного доступу до інформації у цифровому освітньому середовищі. Окрім того цифровізації вищої освіти позитивно впливає на зростання ВВП та сприяння загальному економічному розвитку країни, що виникає через підвищення рівня освіченості населення [144].

Для здобувачів вищої освіти цифровізація забезпечує низку переваг (рисунок 4.3).

Характеризуючи переваги цифровізації вищої освіти для студентів, варто відмітити, що за допомогою використання цифрових технологій в освітньому процесі забезпечується набуття цифрових навичок, володіння якими на сьогоднішній день є важливим аспектом конкурентоспроможності фахівця на ринку праці.

Здобувачі освіти можуть розвиватися відповідно до своїх здібностей та інтересів, оптимізуючи індивідуальну освітню траєкторію, зокрема за допомогою використання інструментарію неформальної освіти. Цифрові засоби та технології навчання сприяють комунікації між усіма учасниками освітнього

процесу, сприяють організації спільного навчання, надають можливість отримання конструктивного зворотного зв'язку для вдосконалення процесу навчання.

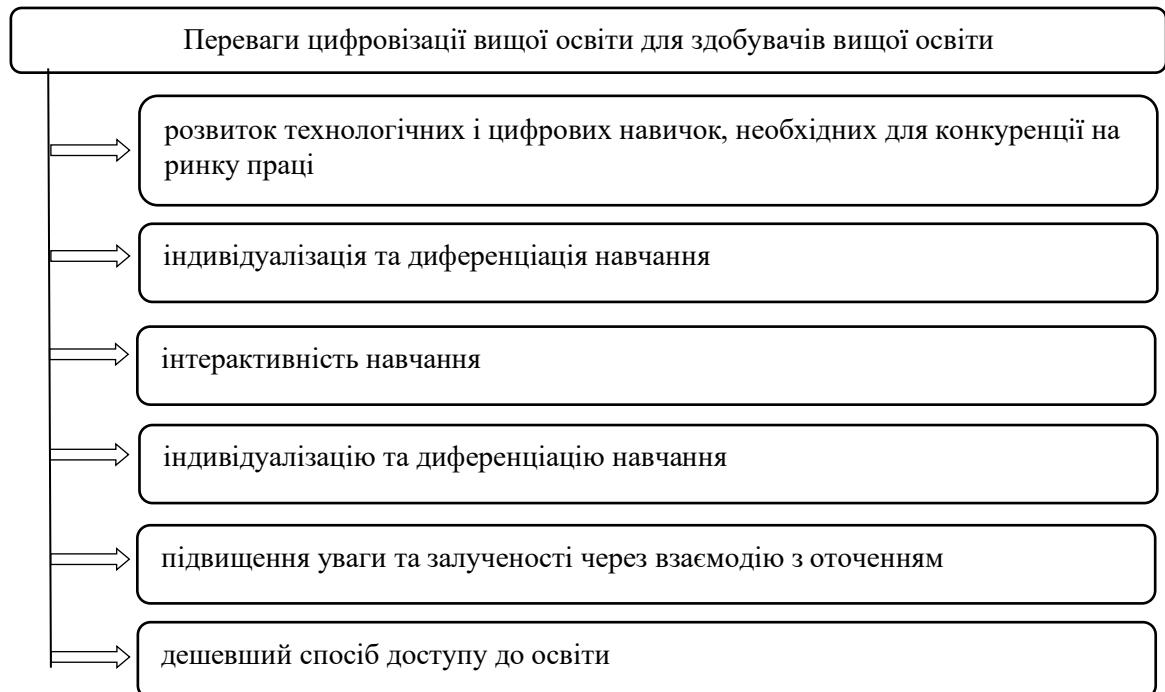


Рисунок 4.3 – Переваги цифровізації вищої освіти для здобувачів вищої освіти.

Джерело: [144]

Використання цифрових технологій для симуляції середовища сприяє полегшенню процесу навчання та швидкому набуттю нових знань і навичок, що наближаються до реальних умов їхнього застосування в промислових умовах. Крім того, цифрова трансформація забезпечує більш доступний шлях до освіти, зменшуючи витрати студентів на транспорт, проживання та вартість навчання у вищих навчальних закладах.

Отже, впровадження цифрових технологій в сферу вищої освіти призводить до значної кількості значущих переваг як на рівні ЗВО, так і для окремих учасників освітнього процесу.

Проте, разом із перевагами цифровізація вищої освіти має ряд недоліків (рисунок 4.4).

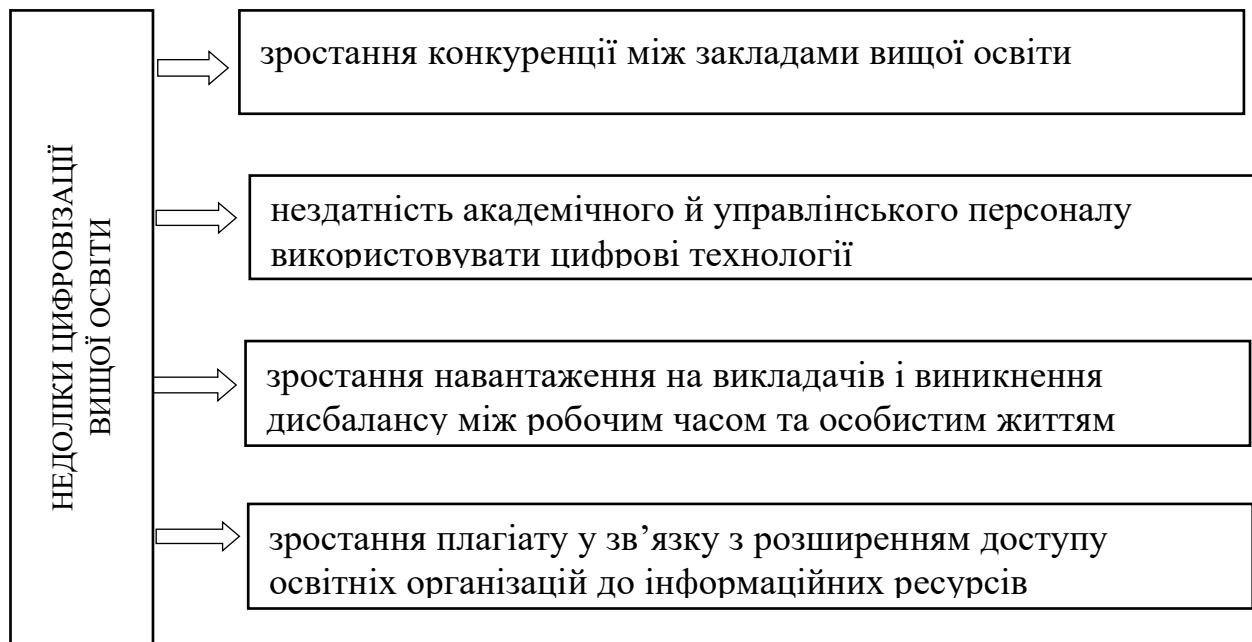


Рисунок 4.4 – Недоліки цифровізації вищої освіти

Слід зазначити, що на сьогоднішній день рівень цифровізації в Україні не відповідає поточним і потенційним соціально-економічним викликам, інформаційним та кіберзагрозам. Внаслідок цього збільшується ризик настання загроз для економічного зростання, конкурентоспроможності, а також військової та інформаційної безпеки країни. Проблема особливо актуальна в умовах повномасштабної війни, яку Росія веде проти України, призводячи до втрат людського потенціалу, руйнування виробничих потужностей та інфраструктури.

Тому сьогодні необхідно побудувати нову модель освітнього процесу, на основі формування формування цифрових компетентностей як ключової умови забезпечення якості освіти.

Проблематика формування цифрової компетентності є об'єктом дослідження значної кількості науковців, проте усталеного підходу до визначення даного поняття на сьогоднішній день не вироблено (таблиця 4.2).

Таким чином, на нашу думку, цифрові компетентності – це сукупність знань та вмінь щодо користування сучасними цифровими технологіями та інструментами для досягнення визначеної мети як у професійній діяльності, так і для задоволення власних потреб.

Таблиця 4.2 – Науково-методичні підходи о визначення поняття «цифрові компетентності»

Автор	Визначення «цифрові компетентності –...»
Бехта І., Ковалевська Т.	одна з універсальних компетентностей, які сучасний викладач має розвинути у здобувачів освіти
Жукова О., Комишан А. та ін.	має низку базових елементів, таких, як знання та уміння працювати в цифровому середовищі, здатність взаємодіяти та комунікувати з різними суб'єктами у кіберпросторі, уміння шукати й аналізувати інформацію, здатність до відповідальної поведінки в процесі створення та розповсюдження цифрового контенту, знання операційних і технологічних можливостей техніки, з якою необхідно взаємодіяти»
Кононенко Л.	поряд з відповідними навичками та практичними вміннями, є умовою успішного працевлаштування й отримання гідної винагороди за свою працю.
Прийдак Т., Яловега Л., Лега О., Мисник Т., Зоря С.	здатність упевнено, критично та творчо використовувати сучасні ІТК для досягнення цілей, пов'язаних з професійною діяльністю, працевлаштування, навчанням, дозволяям та/чи участю у суспільному житті
Скотт С.	здатність використовувати цифрові ресурси та інформаційні технології, розуміти та вміти критично оцінювати цифрові ресурси та контент, ефективно комунікувати
Солдатова Г.	не тільки суму загально користувацьких і професійних знань та умінь, які представлені в різних моделях ІКТкомпетентності, а й установка на ефективну діяльність і особисте ставлення до неї, засноване на почутті відповідальності. Знання, вміння, мотивація на виконання завдання, а також почуття відповідальності за виконання обов'язків і досягнення поставлених цілей становлять каркас цифрової компетентності як частини соціальної компетентності особистості, її засвоєних компетенцій, що дозволяють успішно використовувати інформаційно-комунікаційні технології в житті.
Феррарі А.	як набір знань, умінь, які необхідні для використання інформаційних технологій та цифрових медіа для виконання завдань; розв'язання проблем; керування інформацією; співробітництва; спілкування; створення і поширення контенту; спільної діяльності та задоволення потреб
Яковенко О.	здатність орієнтуватися у цифровому просторі, використовувати цифрові технології для доступу до інформації, її пошуку, опрацювання, професійно-критичного оцінювання, використання, поширення, створення у власній професійній діяльності

Аналіз вітчизняної нормативної бази в сфері освіти засвідчив, що питання визначення поняття «цифрова компетентність» розглядається для всіх рівнів освіти (таблиця 4.3)

Таблиця 4.3 – Визначення поняття “цифрова компетентність” на різних рівнях освіти відповідно до вітчизняної нормативної бази [145]

Рівень освіти	Нормативний документ	Визначенням
1	2	3
Дошкільна освіта	Про затвердження Базового компонента дошкільної освіти (Державного стандарту дошкільної освіти) нова редакція (Наказ МОН № 33 від 12.01.2021 р.)	Цифрова компетентність - це здатність використовувати інформаційно-комунікаційні та цифрові технології для задоволення власних індивідуальних потреб і розв'язання освітніх, ігрових завдань на основі набутих елементарних знань, вмінь, позитивного ставлення до комп'ютерної та цифрової техніки
Середня освіта	Державний стандарт базової середньої освіти (Постанова КМУ № 898 від 30 вересня 2020 р.)	Виділено інформаційно-комунікаційну компетентність, що передбачає впевнене, критичне і відповідальне використання цифрових технологій для власного розвитку і спілкування; здатність безпечно застосовувати інформаційно-комунікаційні засоби в навчанні та інших життєвих ситуаціях, дотримуючись принципів академічної доброчесності; Визначено вимоги до обов'язкових результатів навчання учнів з інформативної освітньої галузі, які передбачають, що учень: <ul style="list-style-type: none"> – знаходить, аналізує, перетворює, узагальнює, систематизує та подає дані, критично оцінює інформацію для розв'язання життєвих проблем; – створює інформаційні продукти і програми для ефективного розв'язання задач/проблем, творчого самовираження індивідуально та у співпраці з іншими особами за допомогою цифрових пристроїв чи без них; – усвідомлено використовує інформаційні та комунікаційні технології і цифрові інструменти для доступу до інформації, спілкування та співпраці як творець та (або) споживач, а також самостійно опановує нові технології; – усвідомлює наслідки використання інформаційних технологій для себе, суспільства, навколишнього природного середовища, дотримується етичних, культурних і правових норм інформаційної взаємодії
Вища освіта	Закон України «Про вищу освіту»	компетентність - здатність особи успішно соціалізуватися, навчатися, провадити професійну діяльність, яка виникає на основі динамічної комбінації знань, умінь, навичок, способів мислення, поглядів, цінностей, інших особистих якостей;

Продовження таюлиці 4.3

1	2	3
	Порядок підготовки здобувачів вищої освіти ступеня доктора філософії та доктора наук у закладах вищої освіти (наукових установах) (Постанова КМУ № 261 від 23 березня 2016 р.)	світньо-наукова програма аспірантури закладу вищої освіти (наукової установи) має включати не менше чотирьох складових, що передбачають набуття аспірантом в тому числі і універсальних навичок дослідника, зокрема усної та письмової презентації результатів власного наукового дослідження українською мовою, застосування сучасних інформаційних технологій у науковій діяльності, організації та проведення навчальних занять, управління науковими проектами та/або складення пропозицій щодо фінансування наукових досліджень, реєстрації прав інтелектуальної власності в обсязі кредитів ЄКТС відповідно до стандарту вищої освіти

Дослідження вітчизняних наукових розробок в сфері формування цифрових компетентностей засвідчує, що використання цифрових технологій та інноваційних методів навчання є основою для підвищення якості освіти, а отже, й успішного працевлаштування випускників закладів освіти.

Формування та розвиток цифрових компетентностей в учасників освітнього процесу характеризується певними ознаками (рисунки 4.5).

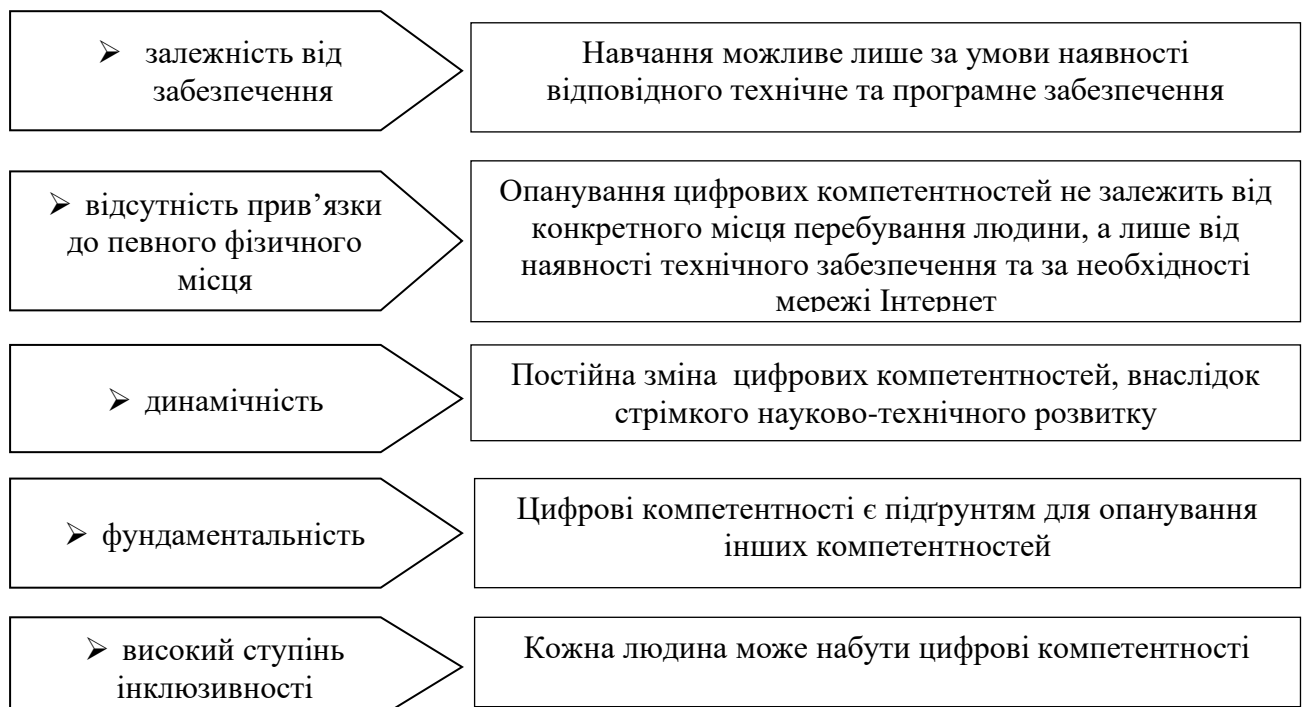


Рисунок 4.5 – Характерні риси формування цифрових компетентностей в учасників освітнього процесу. Джерело: [145]

Таким чином, це дозволяє виділити нового учасника освітнього процесу, який має свої цілі, інтереси, потребами та здатен реалізувати їх у цифровому просторі [146]. Враховуючи, що цифрові компетентності є досить специфічними, важливими й необхідними для всіх сфер діяльності, виступають основою для підвищення рівня інших компетентностей, зокрема soft skills та hard skills (рисунок 4.6).

На сьогоднішній день, підготовка важливим підґрунтям для успішної підготовки digital student займає якісна онлайн-освіта, що виступає зручним і ефективним інструментом в оволодінні новими знаннями, навичками й компетенціями.

В закладах освіти різних рівнів розробляються та впроваджуються нові навчальні предмети, спрямовані на формування знань з використання електронних ресурсів, коротко- то довготермінові навчальні курси з формування навичок використання цифрових інструментів у навчальних цілях. На сьогоднішній день у вільному доступі розміщено багато підручників, посібників та іншої навчально-методичної літератури з питань свідомого, безпечного та ефективного використання Інтернет ресурсів, комп'ютерних програм та гаджетів в цілому.

Зокрема, в Сумському державному університеті створена власна екосистема навчальних ресурсів, яка включає такі складові: систему дистанційного навчання Salamstein, конструктор навчально-методичних матеріалів Lectur.ED, платформу масових відкритих онлайн-курсів Edxamenarium, платформу для змішаного навчання Mix, відкритий освітній ресурс з OCW СумДУ. Крім того для забезпечення управління всіма аспектами діяльності в університеті функціонує інтегрована інформаційно-аналітична система «Університет», яка складається із таких підсистем: «Абітурієнт»; «Студент та аспірант»; «Навчальний процес»; «Персонал»; «Документи»; «Фінанси». Інноваційною практикою є функціонування в університеті особистого кабінету студента та співробітника, що представляє собою єдине середовище для різних категорій користувачів [148].

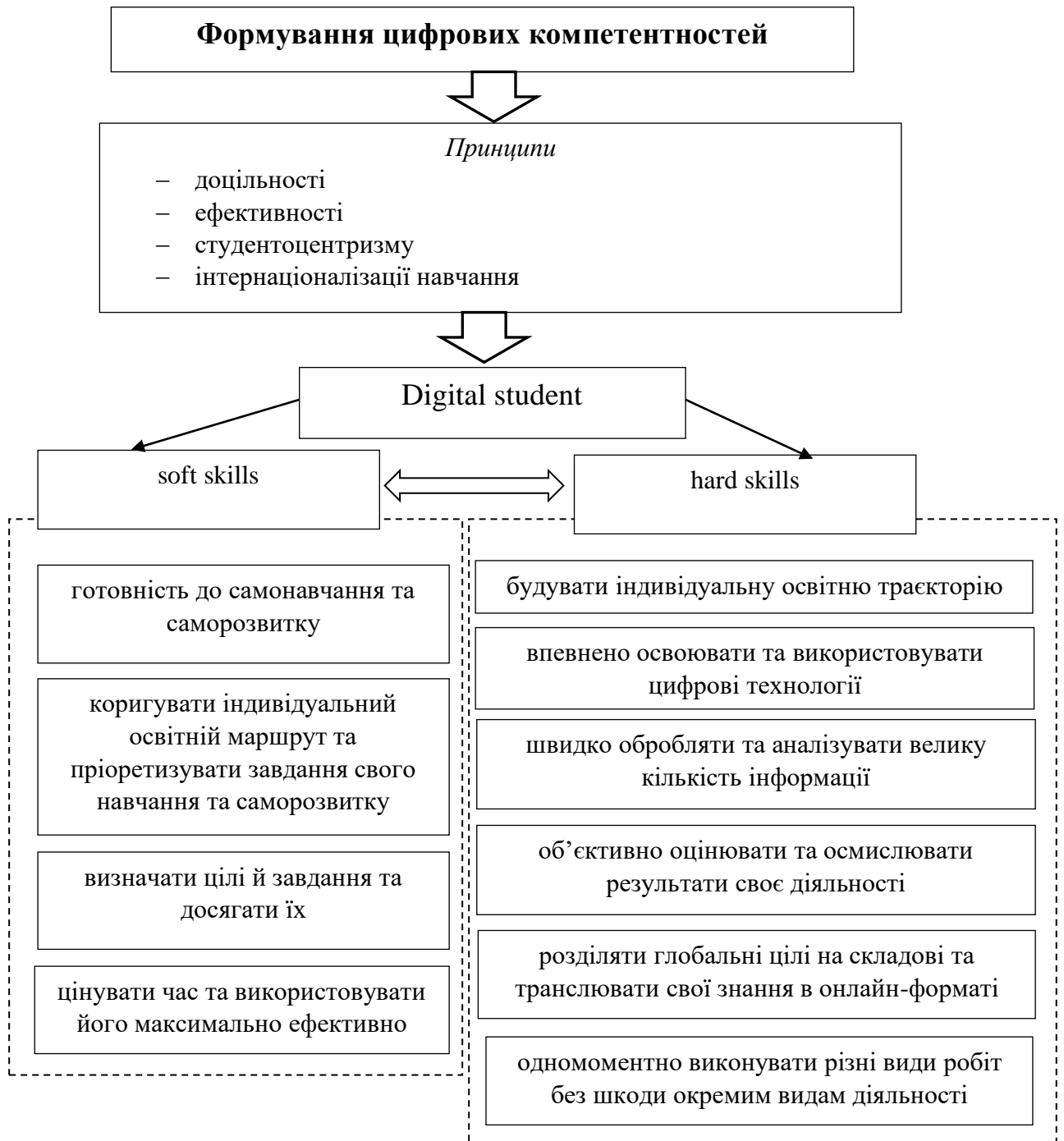


Рисунок 4.6 – Концептуальні підходи до формування digital student на основі принципів доцільності та ефективності використання цифрових технологій в освітньому процесі. Джерело: розроблено авторами на основі [145, 146]

Отже, для формування цифрових компетентностей у здобувачів вищої освіти, що в свою чергу сприятиме підвищенню якості освітньої діяльності, закладам вищої освіти необхідно першочергово забезпечити створення цифрового освітнього середовища, що передбачає наявність структурованої

сукупності різних цифрових технологій і засобів комунікації, що відповідають вимогам освітніх та технологічних стандартів, а також забезпечити вільний доступ всім учасникам освітнього процесу до цифрових інструментів.

Таким чином набуває актуальності встановлення взаємозв'язку між рівнем цифровізації та володіння цифровими навичками учасників освітнього процесу та якістю вищої освіти. Для моделювання такого взаємозв'язку вважаємо доцільним використовувати канонічний аналіз.

Основною метою канонічного аналізу є виявлення лінійних комбінацій змінних з кожного набору, відомих як канонічні змінні, які максимально корелюють одна з одною.

Для проведення канонічного аналізу потрібні два набори змінних, які зазвичай позначаються як X і Y . Кожен набір може містити кілька змінних.

Варто зазначити, що канонічний аналіз шукає лінійні комбінації змінних із набору X (канонічні змінні X_1, X_2, \dots, X_p) і набору Y (канонічні змінні Y_1, Y_2, \dots, Y_q), щоб кореляція між канонічними змінними була максимальною.

Канонічна функція має такий вигляд:

$$Y = f(x), \quad (4.1)$$

де x – канонічні змінні для незалежної змінної;

Y – канонічні змінні для характеристики залежної змінної.

Канонічний аналіз має на меті знайти вагові коефіцієнти для змінних у кожному наборі (коефіцієнти), щоб кореляція між канонічними змінними була максимальною. Перша канонічна кореляція представляє максимальну кореляцію між лінійними комбінаціями. Наступні канонічні варіації виводяться послідовно, кожна з яких ортогональна до попередніх. Ці додаткові канонічні змінні представляють додаткові кореляції між наборами змінних.

Також важливим елементом канонічного аналізу є розрахунок канонічних навантажень, що представляють ваги або коефіцієнти, призначені кожній

змінній у лінійних комбінаціях для обох наборів. Канонічні коефіцієнти вказують на внесок кожної змінної в канонічні змінні.

Також серед складових канонічного аналізу слід відзначити значущість коренів, що є критерієм важливості канонічних кореляцій. Тільки ті корені, які виявилися статистично значущими, залишаються для подальшого аналізу.

Деякі автори критикували використання послідовних критеріїв значущості для канонічних коренів [147]. Проте, ця процедура була "реабілітована" за допомогою методу Монте-Карло [51]. Дослідження показали, що критерій виявляє великі канонічні кореляції навіть при невеликому розмірі вибірки (наприклад, $n = 50$). Слабкі канонічні кореляції (наприклад, $R = 3$) вимагають великих розмірів вибірки ($n > 200$) для виявлення 50% випадків. Зазначимо, що канонічні кореляції невеликого розміру зазвичай не становлять практичної цінності, оскільки відповідає невелика реальна мінливість вихідних даних. Трохи пізніше ми поговоримо про це докладніше, а також обговоримо вплив на результати розміру вибірки.

Статистичні тести, такі як лямбда Вілкса або T^2 Хотеллінга, часто використовуються для оцінки значущості канонічних кореляцій і визначення того, чи є зв'язки між наборами змінних статистично значущими. Лямбда Вілкса — це багатовимірна тестова статистика, яка використовується для оцінки загальної значущості канонічних кореляцій. Він заснований на відношенні добутку ненадлишкових канонічних кореляцій, зведених до степеня 2, і добутку ненадлишкових власних значень, зведених до степеня 2. Нульова гіпотеза (H_0) у лямбда-тесті Вілкса полягає в тому, що всі канонічні кореляції дорівнюють нулю, що вказує на відсутність істотного зв'язку між наборами змінних. Відмова від нульової гіпотези передбачає, що принаймні одна канонічна кореляція значно відрізняється від нуля.

T^2 Hotelling — ще один тест, який використовується в канонічному кореляційному аналізі для оцінки значущості канонічних кореляцій. Він заснований на співвідношенні сліду матриці, сформованого канонічними кореляціями вибірки, і сліду зворотної матриці, сформованої власними

значеннями вибірки. Як і лямбда Вілкса, F-розподілу. Подібно до Лямбда Вілкса, нульова гіпотеза в тесті Hotelling T^2 полягає в тому, що всі канонічні кореляції дорівнюють нулю. Відмова від нульової гіпотези вказує на наявність принаймні однієї статистично значущої канонічної кореляції.

Ці тести допомагають дослідникам визначити, чи спостережувані зв'язки між наборами змінних є статистично значущими, чи вони могли виникнути випадково. Важливо відзначити, що ці тести оцінюють загальну значимість канонічних кореляцій; якщо загальний тест є значущим, можуть бути проведені додаткові тести або перевірки окремих канонічних кореляцій, щоб зрозуміти, які конкретні канонічні кореляції суттєво впливають на загальний результат.

Визначивши математичні характеристики канонічного аналізу варто підсумувати загальні переваги зазначеного інструментарію (рисунок 4.7).

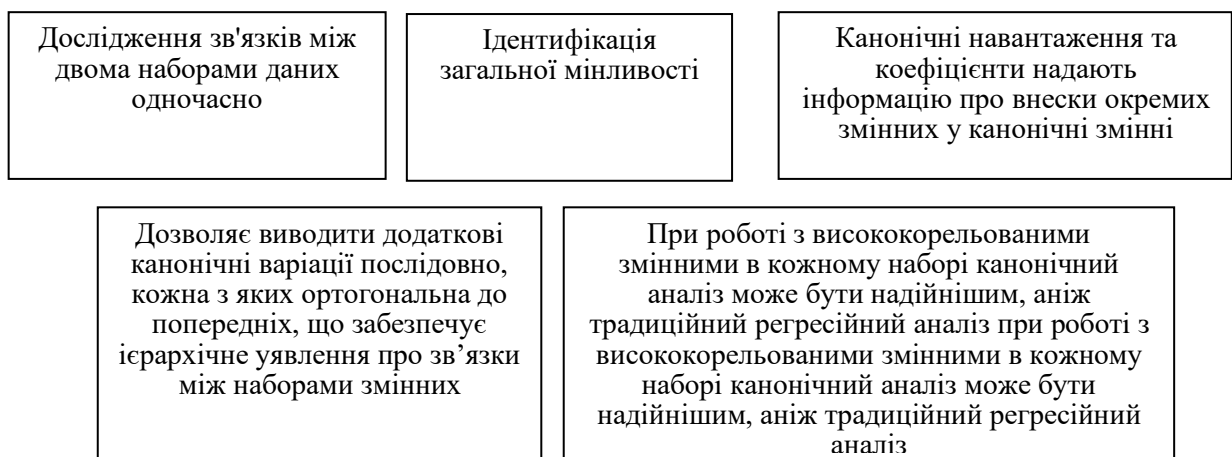


Рисунок 4.7 – Переваги проведення канонічного аналізу. Джерело: розробка авторів

Таким чином, канонічний аналіз знаходить застосування в різних сферах, включаючи економіку, психологію, соціологію, біологію, фінанси та маркетинг. Деякі поширені способи використання канонічного аналізу включають оцінку зв'язків між фінансовими змінними, між різними економічними процесами тощо. Саме зазначений інструмент надає комплексне уявлення про зв'язки між наборами змінних, дозволяючи дослідникам ідентифікувати закономірності та кореляції, які можуть бути неочевидними під час аналізу кожного набору

окремо. Канонічний аналіз добре підходить для дослідження зв'язків між змінними з різних областей або шкал вимірювання. Це робить його застосовним у міждисциплінарних дослідженнях, де необхідно інтегрувати дані з різних джерел.

Дослідження проводиться на базі даних Світового банку для 30 європейських країн станом у 2021-2022 роках. У якості вхідних даних використовуються чотири показники цифровізації (таблиця 4.4) та п'ятнадцять показників якості вищої освіти (таблиця 4.5).

Таблиця 4.4 – Вхідні дані дослідження - показники цифровізації

№	Назва показника	Од. вимірювання	Ум. позн.
1	Витрати на програмне забезпечення	% від ВВП	D1
2	Частка виробництва високотехнологічних продуктів	%	D2
3	Частка експорту високотехнологічних товарів	% від експорту	D3
4	Частка експорту інформаційно-комунікаційних технологій	% від експорту	D4

Джерело: складено на основі [41]

Таблиця 4.5 – Вхідні дані дослідження - показники якості вищої освіти

№	Назва показника	Од. вимірювання	Ум. позн.
1.	Студенти, які були зараховані до ЗВО	од.	HE1
	Нові вступники до ЗВО	од.	HE2
	Участь дорослого населення (25-64 р.) в освітньому процесі	%	HE3
2.	Викладачі та науково-педагогічні працівники вищої освіти	од.	HE4
	Частка студентів та викладачів вищої освіти	%	HE5
	Частка жінок серед викладацького складу вищої освіти	%	HE6
3.	Обсяг державних витрат вищої освіти	млн євро	HE7
	Обсяг приватних витрат вищої освіти	млн євро	HE8
	Обсяг фінансової допомоги студентам	%	HE9
4.	Випускники з вищою освітою	од.	HE10
	Випускники з вищою освітою (наука, математика, інженерія та ін.)	% на тис. нас. 20-29 р.	HE11
	Жінки-випускниці з вищою освітою	% жін. на 100 чол.	HE12
5.	Населення, яке має вищу освіту	% нас. 15-64 р.	HE13
	Безробіття населення, яке має вищу освіту	% нас. 15-64 р.	HE14
	Зайнятість населення, яке має вищу освіту	% нас. 15-64 р.	HE15

Джерело: складено на основі [41]

На основі представлених даних побудуємо п'ять канонічних моделей, де в якості групи показників, яка братиме участь в усіх моделях (Y), використовуватимуться показники цифровізації, а роль другої групи показників (X) по черзі виконуватимуть показники якості вищої освіти. Первинні результати канонічного аналізу представлені в таблиці 4.6.

Таблиця 4.6 – Первинні результати канонічного аналізу

Характеристика	Y	X
1		
Кількість змінних	4	3
Дисперсія	88,76%	100%
Надмірність	17,74%	26,01%
Chi-2	17,827	
p	0,121	
R ²	0,618	
2		
Дисперсія	68,269%	100%
Надмірність	12,966%	23,523%
Chi-2	20,736	
p	0,054	
R ²	0,623	
3		
Дисперсія	73,907%	100%
Надмірність	16,401%	19,445%
Chi-2	14,508	
p	0,269	
R ²	0,556	
4		
Дисперсія	72,996%	100%
Надмірність	23,603%	34,624%
Chi-2	30,656	
p	0,002	
R ²	0,726	
5		
Дисперсія	86,289%	100%
Надмірність	13,131%	31,775%
Chi-2	20,801	
p	0,053	
R ²	0,722	

З огляду на результати значення p статистики для побудованих канонічних моделей лише четверта модель є статистично значущою, оскільки значення p є меншим ніж 0,05. Всі інші моделі не є статистично значимими.

Таким чином в наступних етапах моделювання братимуть участь чотири досліджуваних показників цифровізації та три показники якості вищої освіти (випускники з вищою освітою, випускники з вищою освітою (наука, математика, інженерія та ін., жінки-випускниці з вищою освітою). Крім того, варто відзначити, що 23,603% зміни показників цифровізації обумовлюється варіацією показників якості вищої освіти та відповідно 34,624% зміни показників якості вищої освіти обумовлюється варіацією показників цифровізації. Тому якість вищої освіти безпосередньо залежить від рівня цифровізації.

В наступній таблиці (таблиця 4.7) представлені ключові характеристики виділених канонічних коренів.

Таблиця 4.7 – Ключові характеристики виділених канонічних коренів

Канонічний корінь	Канонічний R	Канонічний R ²	Chi-2	Ступені свободи	p	Лямбда
1	0,727	0,528	30,656	12,000	0,002	0,293
2	0,515	0,265	11,896	6,000	0,064	0,621
3	0,393	0,154	4,194	2,000	0,123	0,846

Всього виділено три канонічних коренів. Тільки перший канонічний корінь є статистично значимим (p дорівнює 0,002). Вагомість першого канонічного кореня також підтверджується високим значенням канонічного R (0,727). Тому в наступних етапах канонічного аналізу досліджуватимемо результати тільки для даного канонічного кореня.

Факторні навантаження показників, які увійшли до першого канонічного кореня (таблиця 4.8), свідчать про кореляційний зв'язок досліджуваних показників цифровізації і якості вищої освіти із канонічним коренем.

Найтісніше із першим канонічним коренем пов'язані змінні D1 (0,754) та HE12 (-0,972). Для побудови канонічних функцій необхідно використати канонічні ваги (таблиця 4.9).

Таблиця 4.8 – Факторні навантаження показників в межах першого канонічного кореня

Змінна	Канонічний корінь 1
D1	0,754
D2	0,428
D3	-0,054
D4	-0,448
HE10	0,476
HE11	0,231
HE12	-0,972

Таблиця 4.9 – Канонічні ваги показників цифровізації та якості вищої освіти

Змінна	Root 1
D1	0,550
D2	0,708
D3	-0,754
D4	-0,538
HE10	0,255
HE11	-0,165
HE12	-0,944

Канонічні функції мають наступний вигляд:

$$Y = 0,55D1 + 0,708D2 - 0,754D3 - 0,538D4, \quad (4.2)$$

$$X = 0,255HE10 - 0,165HE11 - 0,944HE12 \quad (4.3)$$

Проаналізувавши побудовані канонічні функції, можна зробити висновок, що найбільший позитивний вплив на рівень цифровізації освітнього процесу здійснюють витрати на програмне забезпечення та частка виробництва високотехнологічних продуктів. Щодо показників якості вищої освіти, то найвагомим серед досліджуваних показників є саме випускники з вищою освітою.

4.3 Концепція умерсивного університету та університету в гаджеті

Сталий розвиток сьогодні стає однією з найважливіших концепцій розвитку. Практично в усьому світі цей підхід отримує безпрецедентне визнання; не дивно, оскільки він базується на найважливіших аспектах повсякденного життя на всіх рівнях — від локального до глобального. Суспільство 5.0, запропоноване японським урядом у 2016 році, закладено в ідею сталого розвитку. Воно передбачає появу сталого людиноцентричного суспільства. Його характерною рисою є вищий рівень конвергенції між цифровою реальністю та реальним світом, що значно полегшує вбудовування кіберпростору в реальний світ [152, 153].

Інформаційно-комунікаційні технології суттєво змінили те, як функціонують люди, суспільства, економіки та організації, включаючи університети. Цілі сталого розвитку полягають у забезпеченні якісної освіти для всіх і сприянні навчанню впродовж життя. Адаптація освітньої системи до суспільства 5.0 вимагає відкритих, адаптивних, сумісних освітніх ресурсів, які дозволяють використовувати освітні засоби та залучати студентів до процесу навчання.

Електронний університет – це вже не щось нове в освітній практиці; однак це вимагає створення нових інструментів для залучення студентів до ефективного оволодіння навичками, затребуваними суспільством і ринком праці. Студенти вступають до університету для навчання (самоосвіти), і в університеті активно використовуються моделі, які дозволяють студентам виконати це завдання: технологія «перевернутого» класу [153], та моделі типу «Flex» [154], «Rotation» [155], «Positive U» [156] та ін.

Слід зазначити, що студенти, як і інша молодь, залежні від своїх гаджетів. Міленіали проводять у соціальних мережах у середньому 2,5 години [157]; згідно з іншими джерелами, підлітки використовують у середньому дев'ять годин розважальних засобів масової інформації на день, та зрештою проводять дев'ять годин на день з цифровими технологіями [158, 159]. Таким чином,

ефективне самонавчання студентів також пов'язане з пристроями. Необхідно «занурити» студентів в освітнє середовище, яке відповідає їхній зоні комфорту. Хоча набуття нових навичок пов'язане з виходом із зони комфорту, але перший крок до нього – саме за гаджетами молодих людей. Крім того, в умовах пандемії значно зросла роль гаджетів у навчальному процесі [160, 161]. Гаджети перетворилися з технічних засобів обробки інформації в інструменти для отримання навичок, необхідних для «соціально-економічного» зростання особистості.

Імерсивні технології навчання стрімко входять в освітню діяльність університетів [162–164], і це відзначається у значній кількості робіт [165–170]. Однак, незважаючи на широке використання імерсивних технологій, визначення «імерсивного навчання» залишається відкритим.

Занурення – це концепція, яка використовується в багатьох галузях науки та практики. Це означає повне занурення користувача у віртуальне середовище. Воно настільки реалістичне і переконливе, що людина відчуває себе так, ніби вона насправді перебуває в цьому середовищі. Занурення часто асоціюється з технологією віртуальної реальності (VR), у якій користувач рухається та взаємодіє з іншими об'єктами за допомогою спеціального обладнання (наприклад, окулярів VR та контролерів руху). Занурення можна використовувати в різних сферах, таких як освіта, навчання, медицина, архітектура, дизайн і розваги.

В освітньому контексті занурення дозволяє студентам навчатися в інтерактивному режимі в більш доступний і захоплюючий спосіб. Відповідно до Брауна та Кернса, занурення – це психологічний процес, який складається з трьох рівнів: (1) залучення, (2) захоплення та (3) повне занурення [171]. У цьому освітньому процесі перша стадія передбачає залучення студента до навчання шляхом визначення методу навчання, якому він віддає перевагу, і того, де він найкраще здобуде знання. Етап захоплення полягає в тому, щоб зацікавити студента навчальним матеріалом і емоційно прив'язати його до певного способу отримання знань. Процес завершується повним зануренням,

відчуттям причетності до світу віртуальної освіти. Студент заглиблюється в предмет настільки, що втрачає відчуття часу і простору, і його увага зосереджується виключно на завданні чи діяльності. Таким чином, він безперешкодно засвоює передані знання.

Автори [172] зазначають, що «навчання з ефектом занурення — це методологія навчання на досвіді, яка використовує віртуальну реальність для моделювання сценаріїв реального світу та навчання співробітників у безпечному та привабливому навчальному середовищі з зануренням». Це просте визначення обмежує список засобів занурення в навчання. Інші визначення розширюють список інструментів, додаючи доповнену реальність, змішану реальність, елементи гейміфікації та інші інтерактивні дії. Однак найточнішим слід вважати визначення, взяте з [172]: «навчання із зануренням означає будь-який освітній підхід, який навчає, поміщаючи студента безпосередньо в середовище». Це визначення суттєво розширює спектр інструментів «занурення» і не виключає жодних підходів до передачі знань і навичок зі списку імерсивних технологій. Це визначення стосується не інструментів, а підходів, у яких можна використовувати будь-які інструменти, які підходять для конкретної ситуації. «Імерсивне навчальне середовище — це навчальні ситуації, створені з використанням різних технік і програмних засобів, включаючи навчання на основі ігор, навчання на основі симуляції та віртуальні 3D-світи. Імерсивне освітнє середовище відрізняється від інших методів навчання своєю здатністю моделювати реалістичні сценарії та середовища, які дозволяють студентам практикувати навички та взаємодіяти з іншими студентами» [173]. Таким чином, модель імерсивного навчання базується на практичних кейсах, реалізованих шляхом моделювання різних сценаріїв. Життєво важливо, щоб моделювання сценаріїв могло відбуватися не лише в електронному середовищі, але й у реальному світі.

Для обговорення пропонується багатовимірною класифікацією інструментів імерсивного навчання як елементів імерсивного університету, функціонування якого також передбачає тестування ефективності кожного інструменту.

Імерсивний університет не обмежується інструментами для занурення у віртуальні світи, але також має використовувати сценарії на місці для практичних випадків.

Для бібліометричного аналізу використовувалися наукометричні бази даних Scopus (база даних Scopus) та Web of Science (база даних Web of Science). Інструментом бібліометричного аналізу є VOSviewer.

Бібліометричний аналіз проводився наступним чином. На першому етапі в базі даних Scopus за ключовим словом «immersive» було знайдено понад 24 000 статей. Необхідність більш детальної конкретизації застосування технологій імерсивних технологій у певній галузі знань (зокрема в освітній діяльності) зумовлена наявністю міждисциплінарних досліджень у цій галузі. Згодом були введені наступні обмеження на пошуковий запит: галузь знань: «Суспільствознавство»; перша тисяча статей за кількістю цитувань за період 2010–2021 рр.; ключові слова (фрази) в результатах пошуку повинні згадуватися не менше десяти разів.

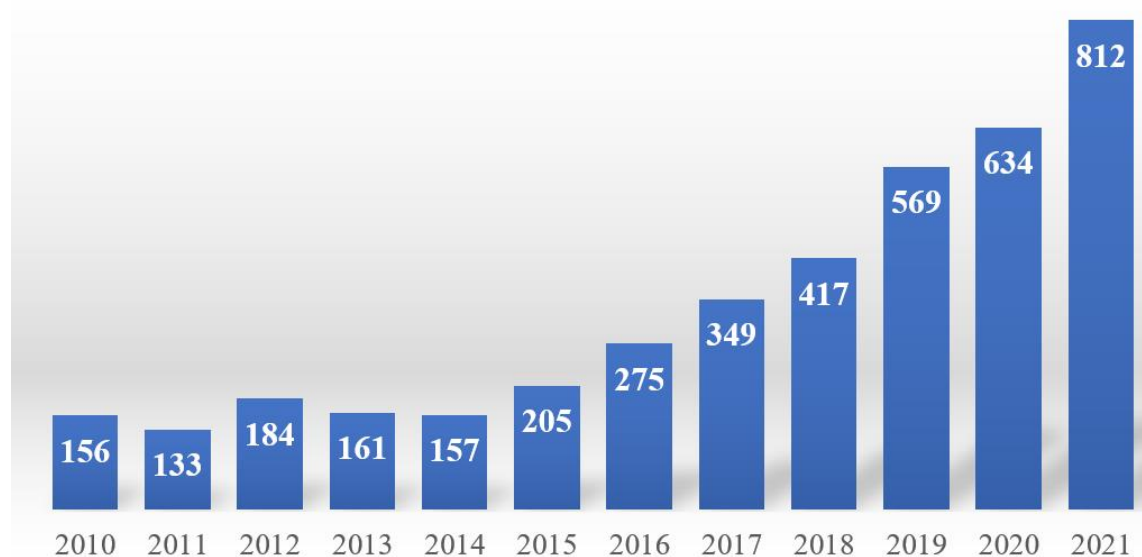


Рисунок 4.8 – Річна кількість статей за ключовим словом «immersive» у галузі знань «Суспільні науки». Джерело: власні дослідження

Обмеженість поля знань дозволяє спостерігати зростання інтересу до використання імерсивних технологій (рисунок 4.8), у тому числі в навчальному процесі. Цей факт буде продемонстровано на основі аналізу ключового слова «immersive». Міждисциплінарність, згадана вище, показана на рисунку 4.9.

Після застосування обмежень на пошуковий запит був отриманий список із близько 4700 статей, з яких для аналізу були відібрані перші 2000 найбільш цитованих. Карта ключових слів для цих статей показана на рисунку 4.10.

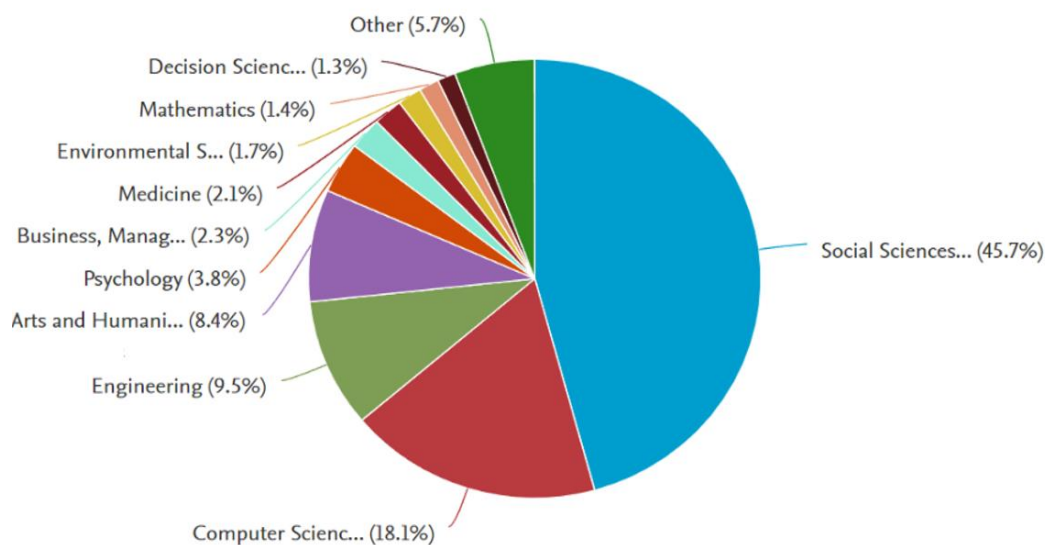


Рисунок 4.9 – Взаємозв'язки статей, обраних у галузі знань «Суспільні науки» з іншими галузями. Джерело: власні дослідження

Аналіз елементів карти ключових слів проводився для виявлення зв'язку між ключовими словами та виділення окремих кластерів тем. Аналіз повинен визначити наступне:

- (1) місце імерсивних технологій у навчальному процесі;
- (2) основні завдання імерсивних технологій у навчальному процесі;
- (3) загальна структура навчального середовища з ефектом занурення;
- (4) «склад» інструментів занурення в навчання.

- Інструменти створення;
- Онлайн-навчання;
- Соціальна присутність;
- Віртуальні світи;
- Віртуальне навчальне середовище;
- Педагогічний супровід;
- Навчальний процес;
- Професійна компетентність.

Наступний кластер (рисунок 4.11) демонструє основну функцію освітнього процесу загалом і зануреного навчання зокрема: прийняття рішень і фактичний розвиток учнями навичок, необхідних роботодавцям. Якщо говорити про певний набір навичок, то можна виділити наступні [175]:

- Оцінка та аналіз інформації;
- Критичне мислення;
- Кількісне, аналітичне та стратегічне мислення;
- Допитливість і фантазія;
- Творчість;
- Емоційний інтелект;
- Інноваційні та творчі навички;
- Персональна відповідальність;
- Комплексне багаторівневе вирішення завдань;
- Формування власної думки та прийняття рішень;
- Клієнтоорієнтованість;
- Навички ведення переговорів;
- Гнучкість розуму;
- Взаємодія з людьми;
- Можливості управління.

Отримано відповідь на питання: чому потрібно «занурюватися» в навчання? Ця відповідь така: для підвищення кваліфікації. У цьому випадку

4. Модель імерсивного університету вимагає блоку для тестування ефективності використовуваних інструментів.

Сформульовані проблеми корелюють із загальними тенденціями розвитку освіти та забезпечення її якості з точки зору досягнення цілей сталого розвитку [178, 179], цифровізації освіти [180-182], управління знаннями [183], системи забезпечення якості освіти [184–186] та зовнішнього оцінювання позиціонування освітньої системи університету [187–191].

Враховуючи результати огляду літератури та бібліометричного аналізу, потрібно запропонувати модель імерсивного університету, яка охоплює методи навчання за рахунок різних методів імерсії. Завдання представленого дослідження включають формулювання концепції класифікації та використання колекції інструментів імерсивної освіти, що, у свою чергу, дозволить вищим навчальним закладам розробити конкурентоспроможний інструментарій для сучасного середовища вищої освіти. План дослідження складається з таких дослідницьких дій: (1) описати концепцію «імерсивний університет» як інформаційну систему з усіма необхідними атрибутами та визначити місце сценаріїв імерсивної освіти в поточній інформаційній системі; (2) запропонувати універсальний метод для оцінки рівнів залучення різних рівнів занурення; (3) представити випадки, які демонструють ефективність застосування концепції nD-занурення в реальному освітньому середовищі.

Щоб систематично описати модель імерсивного університету, ми використовуємо діаграму компонентів UML, щоб представити занурений імерсивний як інформаційну систему. Наведено класифікацію імерсивних навчальних інструментів з використанням авторської концепції рівнів nD-залучення.

Дизайн поведінкового дослідження пропонується як техніка для оцінки ефективності інструментів зануреного навчання. Дослідження. Дизайн дослідження становить особливий інтерес для практиків імерсивної освіти, оскільки його можна передати будь-якій зовнішній агенції, що дозволяє

проводити поведінкові дослідження та надавати керівництву точну аналітику щодо ефективності інновацій у імерсивному навчанні.

Метод кейс-стаді ілюструє концепцію nD-занурення та інформаційну систему «електронного університету». Наведено приклади інноваційних засобів навчання, успішно апробованих у Сумському державному університеті, які підпадають під запропоновану класифікацію.

Щоб описати модель імерсивного університету, необхідно ввести деякі пояснення:

1. Імерсивний університет є частиною концепції «університету в гаджеті». Однак «університет у гаджеті» — це не програма-посібник, а набір інструментів, зокрема програми доповненої реальності, програми для 360-градусного відео, додатки VR, необхідні мобільні програми для ігор тощо (рисунок 4.16).

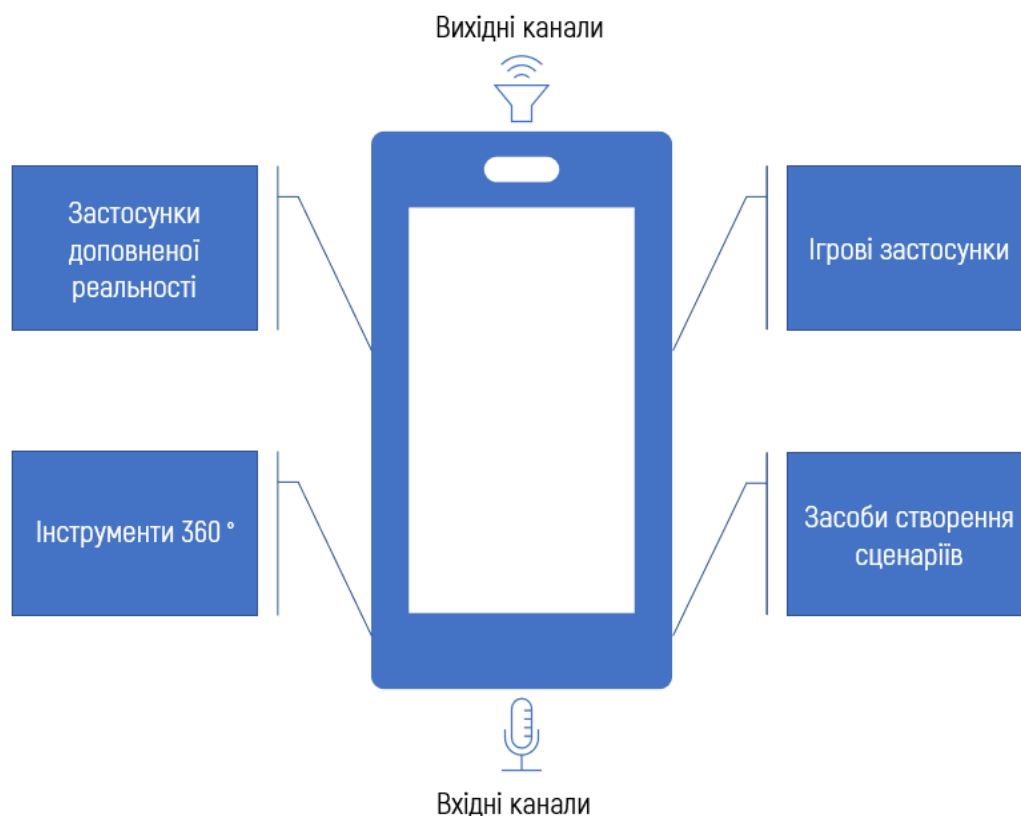


Рисунок 4.16 – Імерсивний університет у гаджеті. Джерело: власні дослідження.

2. Імерсивне навчальне середовище є частиною середовища електронного навчання, а не чимось, що існує окремо. Крім того, Immersive Learning Environment виходить за рамки електронного навчання, оскільки сценарій практичної реалізації кейсу можна реалізувати в реальному світі.

3. Імерсивний університет. Імерсивний університет — це набір інструментів і сценаріїв, але можна використовувати всі інструменти одночасно (рисунок 4.17).

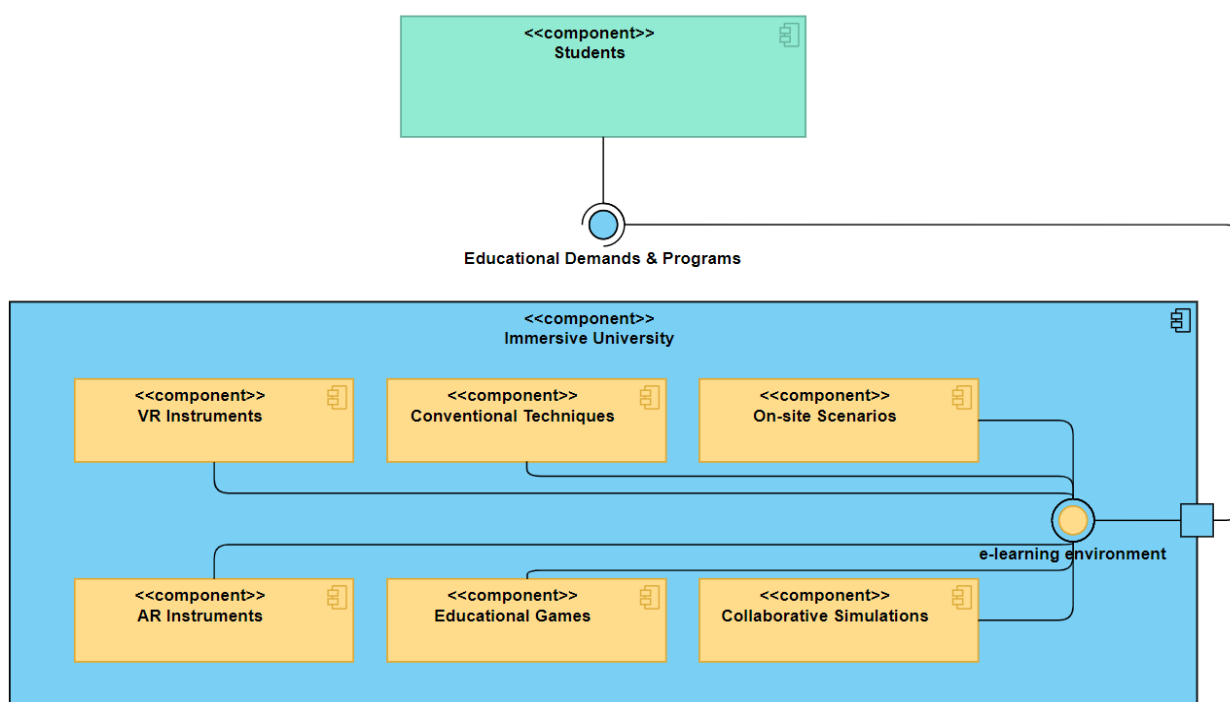


Рисунок 4.17 – Імерсивний університет як інформаційна система (компонентна діаграма). Джерело: власні дослідження.

4. Імерсивний університет — це не лише сконструйовані світи, а й методи, на основі яких ці світи сконструйовані (рисунок 4.18).

Пропонується наступна класифікацію інструментів імерсивного навчання:

1D-занурення — вербальна передача досвіду, створення сценаріїв (дизайнів) освітнього середовища, у тому числі залучення студентів;

2D-занурення — наявні сценарії створення простору занурення у віртуальний або реальний світ;

3D-імерсія — тривимірні навчальні моделі;

4D-занурення—AR+, рольові ігри;

5D-імерсія — повномасштабний VR;

nD-immersion — гейміфікація у віртуальному світі, що створюється та динамічно змінюється безпосередньо під час гри.

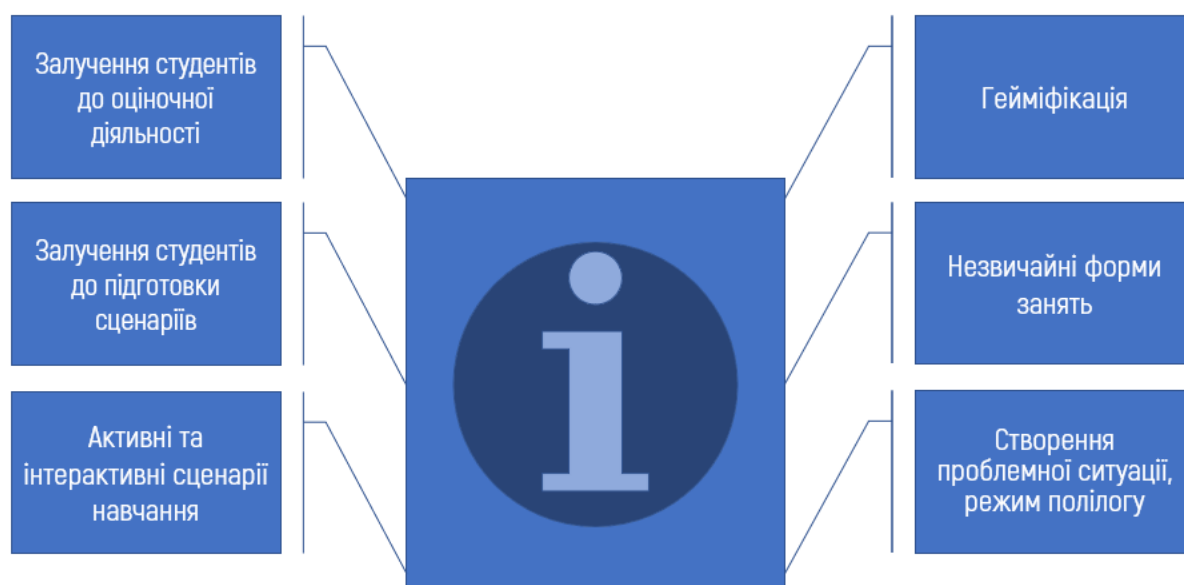


Рисунок 4.18 – Методи побудови імерсивних світів. Джерело: власні дослідження.

Нижче наведено приклади інструментів імерсивного навчання в авторських курсах, присвячених академічній доброчесності, відповідно до запропонованої класифікації. Слід зазначити, що максимальної ефективності «занурення» можна досягти, поєднуючи різні засоби в різні періоди. Тому опис інструментів здійснюється блоками з виділенням кількох «вимірів» (проте, не адитивних) відповідно до запропонованої вище класифікації.

Мотивація студентів підвищується із застосуванням інтерактивних методів навчання, інтерактивних підходів та «антистандартності» залучення студентів у складне середовище.

Наприклад, для багаторівневої популяризації академічної доброчесності абітурієнтів та студентів використовується набір електронних засобів, які також

можуть бути успішно використані для професійного розвитку педагогічних та наукових працівників. Комплекс включає великий відкритий онлайн-курс «Академічна доброчесність: виклики, дії, успішні історії» (рисунок 4.19), книгу з елементами доповненої реальності «Академічна доброчесність для якісної освіти: відкрита розмова про чесне навчання» (рисунок 4.20), а також серію плакатів про академічну доброчесність з елементами доповненої реальності (рисунок 4.21).

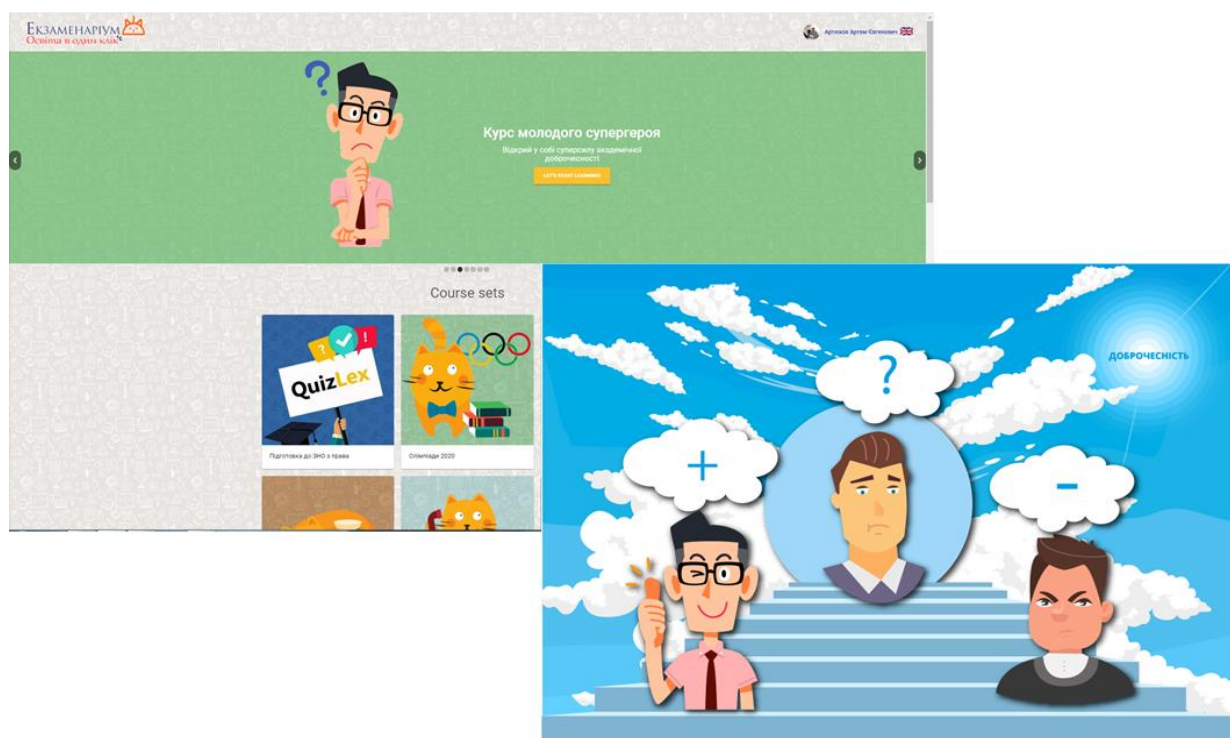


Рисунок 4.19 – Масовий відкритий онлайн-курс «Академічна доброчесність: виклики, дії, історії успіху» (Академічна доброчесність).
Джерело: авторська розробка, кейс Сумського державного університету.

Метод гейміфікації навчальної діяльності широко використовується на всіх рівнях навчання. Можуть бути використані два типи гейміфікації: гейміфікація в природному середовищі з використанням різних підходів (рольові ігри, «піратська зустріч» у мозковому штурмі тощо) та гейміфікація у віртуальному середовищі з використанням різних платформ, у які вбудовується навчальний процес. Другий тип гейміфікації набуває все більшого поширення

завдяки розробці різноманітних ігор із заздалегідь визначеним набором інструментів для реалізації сценарію користувача. У той же час захоплюючим підходом до гейміфікації є інтеграція підходів із природного середовища у віртуальне середовище, і наступна робота, яка працює зі студентами не в межах фіксованого заздалегідь розробленого сценарію, а в умовах, що динамічно змінюються. Реалізувати такий комбінований підхід можливо за допомогою гри Minecraft (рисунок 4.22).

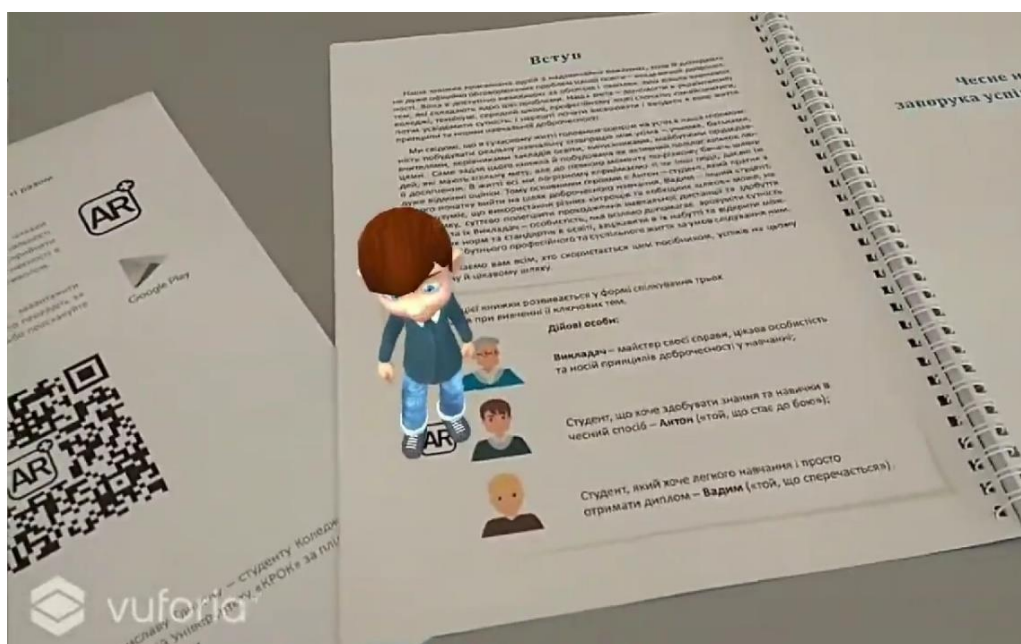


Рисунок 4.20 – Книга з елементами доповненої реальності «Академічна доброчесність для якісної освіти: відкрита розмова про справедливе навчання».

Джерело: авторська розробка, кейс Сумського державного університету.

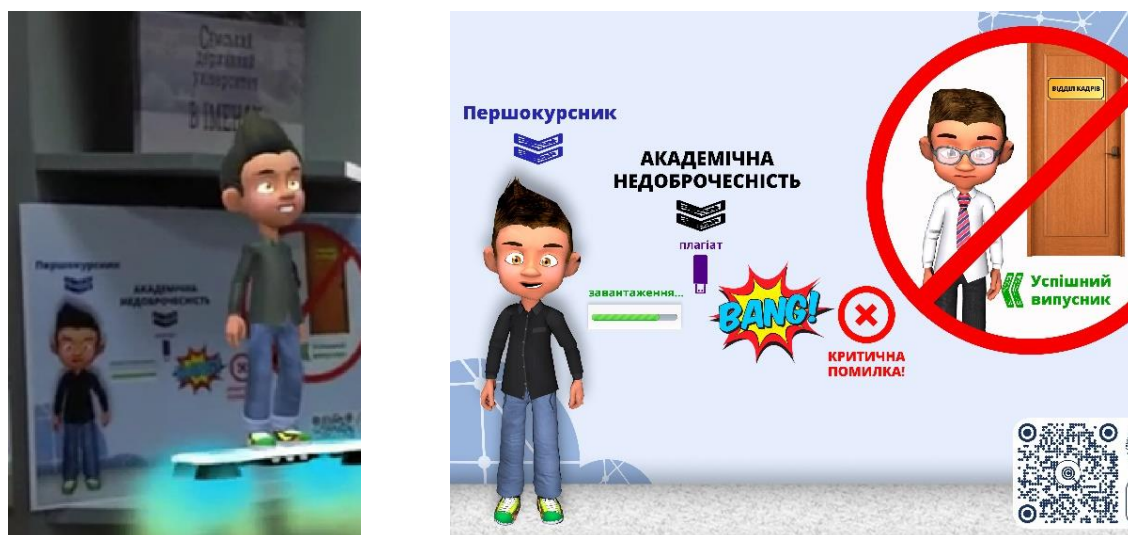


Рисунок 4.21 – Серія плакатів з академічної доброчесності з елементами доповненої реальності (Серія плакатів з академічної доброчесності). Джерело: власні дослідження, мова – українська (випадок СумДУ).

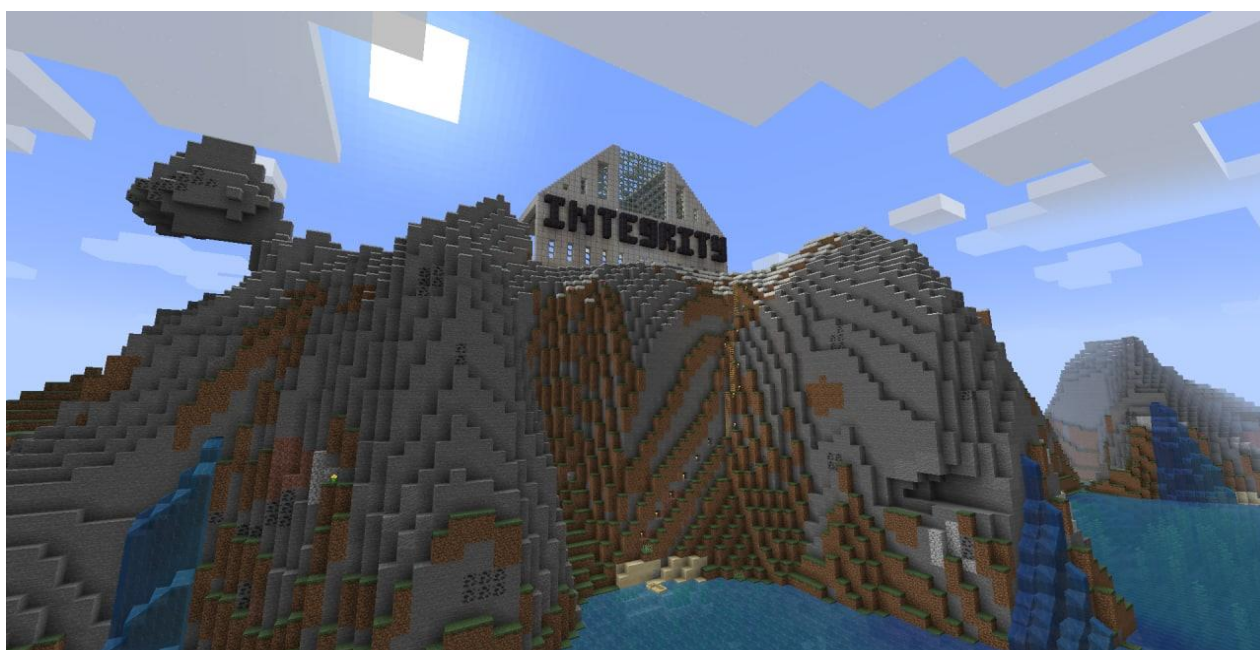


Рисунок 4.22 – Створення світу Minecraft. Джерело: авторська розробка, кейс Сумського державного університету.

Вибір відповідного занурювального приладу з певною розмірністю (nD) може стати проблемою. Необхідно володіти методикою та обладнанням для оцінки ефективності засобів занурення та оцінки доцільності впровадження. Одним із можливих рішень цієї проблеми є використання поведінкових досліджень із залученням належного обладнання та програмного забезпечення. Ми пропонуємо використовувати програмне забезпечення iMotions 9.3 (використані пакети програмного забезпечення: iMotions Module-CORE, iMotions Module - Screen-Based Eye Tracking, iMotions Module – GSR, Affectiva AFFDEX 5.1, виробник – Данія) з айтрекером Tobii Pro Nano (виробник – Швеція) програмне забезпечення iMotions 9.3 (використані пакети програмного забезпечення: iMotions Module-CORE, iMotions Module - Screen-Based Eye Tracking, iMotions Module – GSR, Affectiva AFFDEX 5.1, виробник – Данія) з айтрекером Tobii Pro Nano (виробник – Швеція) та датчик Shimmer 3 GSR+ Kit (виробник – Ірландія) (виробник – Ірландія). Ця комбінація дозволяє проводити повномасштабні поведінкові дослідження та оцінювати ефективність імерсивного інструменту.

На рисунку 4.23 пропонується експериментальний дизайн для перевірки гіпотези «застосування nD-імерсія покращує залучення студентів до процесу навчання порівняно з (n – 1)D зануренням». Проводячи подібні експерименти для кожного класу занурення, стає можливим формування розуміння доцільності переходу або переходу на наступний вимір імерсії. Поточний дизайн дослідження можна безпосередньо використовувати у згаданій вище поведінковій лабораторії з невеликими уточненнями, як-от формулювання стимулів і вибір учасників.

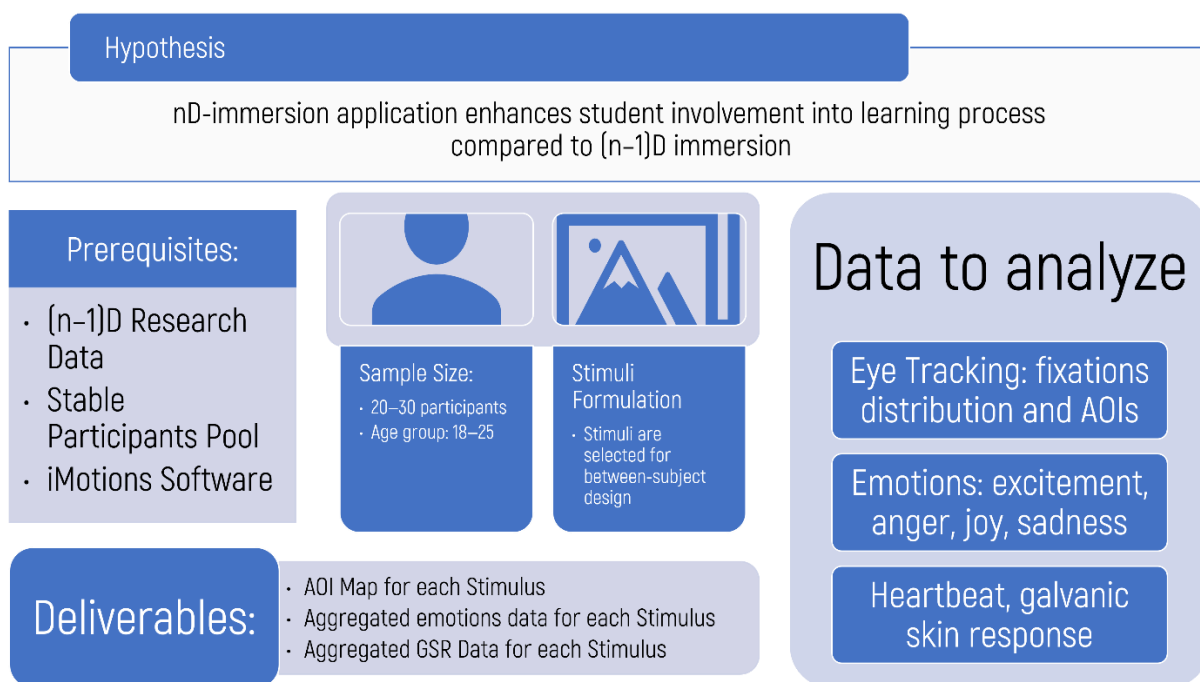


Рисунок 4.23 – Дизайн поведінкового дослідження, спрямований на аналіз техніки занурення. Джерело: власні дослідження.

Запропоновано новий погляд на формулювання концепції імерсивного навчання, який відрізняється від існуючих наразі. Імерсивне навчання не обмежується віртуальними світами, світами доповненої та змішаної реальності. Будь-яка активна чи інтерактивна дія за участю студентів – це «занурення» у світ за сценарієм, заданим або створеним у процесі навчання. Цей сценарій можна реалізувати в створеному світі як в електронному вигляді, так і на місці. Керуючись визначенням «Імерсивне навчальне середовище – це навчальні ситуації, створені за допомогою різноманітних технік і програмних засобів...»...», було запропоновано підхід, який об'єднує методи, сценарії та програмні засоби в один комплекс, який називається «імерсивний університет». «Родзинкою» запропонованої моделі є можливість тестувати інструменти імерсивного навчання на основі відгуків користувачів і вивчення поведінки.

Таким чином, створено повний цикл для кожного компонента імерсивного навчання «розробка–пробний доступ–тестування–покращення–впровадження».

Університетська модель імерсії передбачає, що студенти повинні мати можливість повністю зануритися у свою навчальну сферу, дозволяючи їм отримати максимальну користь від своїх здібностей і навичок. Також важливою є їхня участь у класі та їх взаємодія з іншими студентами та викладачами. Дискусії, обмін думками та співпраця дозволяють обмінюватися ідеями та покращувати знання. Таким чином, імерсивна модель університету дозволяє студентам отримати теоретичні знання та практичні навички, необхідні для їх майбутньої кар'єри. Однак, щоб ця університетська концепція була практичною, викладачі та студенти університету повинні мати цифрову компетентність на належному рівні.

В освітньому контексті значення цифрової компетентності продовжує зростати [189, 190]. Вона розглядається як життєво важлива складова критичних компетенцій сучасної людини. Європейська структура цифрової компетентності освітян (DigCompEdu) спрямована на вчителів усіх освітніх рівнів. DigCompEdu охоплює шість диференційованих сфер компетенції для викладачів, щоб створювати ефективні інклюзивні стратегії навчання за допомогою цифрових інструментів. Концепція має на меті визначити, як цифрові технології можна використовувати для покращення та модернізації освіти та навчання [191]. Впровадження елементів імерсії в навчальний процес може допомогти студентам досягти кращих академічних результатів і підготуватися до майбутніх викликів.

ВИСНОВКИ

За результатами бібліометричного аналізу змістовно-концептуальних особливостей дослідження цифровізації економіки визначено найпоширеніші напрямки її аналізу, сформовано чотири основні кластери зв'язку цифровізації економіки з окремими складовими розвитку країни (економічний розвиток, кібербезпека, освіта та бізнес). Це дозволило визначити найбільш пріоритетні напрямки з точки зору дослідження впливу цифровізації на трансформацію соціально-економічних відносин.

У роботі на основі регресійного моделювання досліджено вплив цифровізації на соціальний розвиток і зайнятість населення. Доведено, що рівень цифровізації суспільства більшою мірою здійснює вплив на соціальний розвиток, ніж на зайнятість населення. Так, збільшення на одиницю експорту товарів інформаційно-комунікаційного характеру призводить до збільшення частки населення, яка має повну середню освіту на 0,946, в той час як зростання імпорту товарів інформаційно-комунікаційного характеру призводить до зменшення частки населення, яка має повну середню освіту на 1,031. Зі збільшенням на одиницю частки населення, що користується інтернетом, частка населення, яка має повну середню освіту збільшиться на 0,079. Отримані результати сформували підґрунтя для удосконалення методичного інструментарію моделювання впливу цифровізації суспільства на соціальний розвиток і занятість населення.

За допомогою нейромережевого моделювання було формалізовано вплив показників розвитку цифрових сервісів на показники матеріального благополуччя, здоров'я та соціальної залученості населення країн. За результатами дослідження встановлено, що високий рівень розвитку цифрових технологій корелює зі збільшенням ВВП на душу населення, підвищенням очікуваної тривалості життя при народженні та збільшенням кількості осіб, що користуються Інтернетом. Це свідчить про те, що країни з активним розвитком цифрових сервісів не лише досягають високих економічних показників, але

також можуть покращувати соціальні аспекти життя населення, такі як здоров'я та доступ до інформації. Доведено, що інвестування в розвиток цифрових технологій стає ключовим фактором для поліпшення якості життя населення

У роботі розроблено методологію оцінювання інклюзивності електронних адміністративних послуг, що ґрунтується на розрахунку показників в межах трьох блоків – технології, навички та користувацький досвід. Обґрунтовано, що до основних напрямків стратегій розвитку електронного урядування в Україні належать розвиток галузевих електронних послуг, телекомунікаційної інфраструктури та технологічного забезпечення електронного урядування, покращення функціонування веб-сайтів та взаємодії з громадянами через соціальні мережі. Інклюзивність адміністративних послуг зараз забезпечується комбінуванням електронних послуг з їх отриманням у фізичних офісах ЦНАП. В той же час, питанням доступу до електронних адміністративних послуг вразливих груп населення, не приділяється достатня увага. Зроблено висновок про те, що на поточному етапі відсутність доступу до електронних адміністративних послуг вирішується наявністю фізичних підрозділів ЦНАПів, а відповідна частина фінансування направляється на утримання державних службовців та відповідних приміщень для роботи. В той же час, перерозподіл фінансування на користь інформаційно-просвітницької діяльності у сфері електронного урядування, забезпечення достатньої якості мобільного та інтернет покриття дозволить в майбутньому знизити навантаження на фізичні підрозділи ЦНАП, підвищити якість, швидкість та зручність отримання адміністративних послуг.

На основі поєднання методів кореляційного аналізу Пірсона та Спірмена, тесту Шапіро-Вілка на нормальний розподіл даних, VAR-моделювання та тесту Грейнджера було здійснено оцінювання причинно-наслідкових зв'язків між показниками цифровізації суспільних відносин і рівня співпраці промисловості, освіти і науки у сфері НДДКР. На основі дослідження показників співпраці університетів і промисловості в галузі НДДКР, доступу до ІКТ, державних онлайн-послуг, онлайн-креативності (за оцінками Глобального індексу

інновацій), та експорту товарів ІКТ (за даними Світового банку) підтверджено, що на рівень співробітництва університетів і промисловості в НДДКР впливають такі показники цифровізації суспільних відносин, як онлайн креативність, доступ до ІКТ та частка експорту товарів ІКТ в загальному експорті. У той же час співробітництво університетів і промисловості в НДДКР є причиною змін рівня онлайн креативності, доступу до ІКТ, частка експорту товарів ІКТ.

У роботі досліджено роль цифровізації суспільних відносин у розвитку вищої освіти. На основі канонічного аналізу оцінено взаємозв'язок між рівнем цифровізації та володіння цифровими навичками учасників освітнього процесу та якістю вищої освіти. За допомогою канонічних функцій доведено, що найбільший позитивний вплив на рівень цифровізації освітнього процесу здійснюють витрати на програмне забезпечення та частка виробництва високотехнологічних продуктів. Щодо показників якості вищої освіти, то найвагомим серед досліджуваних показників є саме випускники з вищою освітою.

На основі огляду літератури та бібліометричного аналізу запропоновано модель імерсивного університету, яка охоплює методи навчання за рахунок різних методів імерсії. Це дозволить вищим навчальним закладам розробити конкурентоспроможний інструментарій для сучасного середовища вищої освіти.

Авторами розроблено методологію оцінювання інтегрального рівня стійкості країни до кіберзломів (зламани облікові записи, проникнення у персональні дані користувачів через Інтернет тощо), здійснено кластеризацію країн за цим рівнем (високий, вище середнього, середній, нижче середнього та низький). За допомогою розробленого багатовимірною сплайна адаптивної регресії (multivariate adaptive regression spline, MARS) досліджено вплив кількості активних підписок на мобільний широкосмуговий зв'язок (на 100 жителів), кошику мобільного широкосмугового зв'язку (% від ВНД на душу населення), кількості підписок на мобільний стільниковий зв'язок (на 100

жителів), загальної кількості підписок на фіксований широкопasmовий зв'язок на інтегральний рівень стійкості до кіберзломів. За результатами розрахунків, найменш стійкими до кіберзломів у 2022 році виявилися Франція, Ісландія, Чорногорія, США, ОАЕ. Для країн з високим, вище та нижче середнього рівнями стійкості до кіберзломів найбільший релевантним фактором впливу виявилась кількість активних абонентів мобільного широкопasmового зв'язку (на 100 жителів), а для країн з середнім рівнем – загальна кількість підписок на фіксований широкопasmовий зв'язок.

Це дозволило удосконалити адміністративно-правовий механізм цифрового захисту населення в умовах збройної агресії та гібридної війни: адаптація нормативно-правового фреймворку до вимог внутрішнього розвитку країни і, з іншого боку, до вимог Європейського Союзу та Ради Європи; налагодження зв'язку між стратегічними проектними документами і реальною адміністративно-політичною та регуляторною практикою; усунення цифрової нерівності між регіонами України, розвиток сегментів е-урядування, е-освіти, е-медицини, е-комерції та ІТ-послуг.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. International Institute for Management Development. Global Digital Competitiveness Index. URL: <https://www.imd.org/centers/wcc/world-competitiveness-center/rankings/world-digital-competitiveness-ranking/>
2. Network Readiness Index. URL: <https://networkreadinessindex.org/>
3. Digital Quality of Life Index. URL: <https://surfshark.com/dql2023>
4. Verhoef P., Broekhuizen T., Bart Ya., Bhattacharya A., Dong J., Fabian N., Haenlein M. Digital transformation: A multidisciplinary reflection and research agenda. *Journal of Business Research*, 2021. Vol. 122. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2019.09.022>
5. Ng I. C.L., Wakenshaw S.Y.L. The Internet-of-Things: Review and research directions. *International Journal of Research in Marketing*, 2017. Vol. 34(1). P.3-21. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ijresmar.2016.11.003>.
6. World Digital Competitiveness Ranking. URL: <https://www.imd.org/centers/wcc/world-competitiveness-center/rankings/world-digital-competitiveness-ranking/>
7. Архипов О.О. Особливості розуміння понять «інформаційна безпека» та «безпека інформації». URL: https://ktpu.kpi.ua/wp-content/uploads/2016/02/st-14_AA_Osoblivosti-rozuminnya-IB_VI.pdf
8. Платоненко А. В. Сучасні загрози інформаційної безпеки для державних та приватних установ України. *Сучасний захист інформації*, 2015. № 4. С. 86-90.
9. Жарков Я. М., Дзюба М. Т., Замаруєва І.В., ін. Інформаційна безпека особистості, суспільства, держави: Підручник. Київ: Видавничо-поліграфічний центр «Київський університет», 2008. 274 с.
10. Зозуля О.С. Періодизація розбудови системи державного управління забезпеченням інформаційної безпеки України. *Інвестиції: практика та досвід*, 2016. №8. С. 106-114.

11. Emmanuel Salami's Lab. Enhancing global security and peaceful coexistence: the imperatives of cybersecurity architecture. URL: https://www.researchgate.net/publication/368636312_ENHANCING_GLOBAL_SECURITY_AND_PEACEFUL_COEXISTENCE_THE_IMPERATIVES_OF_CYBERSECURITY_ARCHITECTURE_1.

12. Трофименко О.С. Кібербезпека України: аналіз сучасного стану. *Захист інформаціїю*, 2019. Том 21. № 3. С. 150-158.

13. Закон України: Про основні засади забезпечення кібербезпеки України № 2163-VIII від 05.10.2017. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2163-19#Text>

14. Безуглий Д.Ю. Інформаційна безпека України: огляд останніх тенденцій. *Фізико-математична освіта*, 2018. №2(16). С. 13–17.

15. Закон України: Про Основні засади розвитку інформаційного суспільства в Україні на 2007-2015 роки № 537-V від 09.01.2007. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/537-16#Text>

16. Закон України: Про телекомунікації № 1280-IV від 18.11.2003. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1280-15#Text>

17. Закон України: Про основні засади забезпечення кібербезпеки України № 2163-VIII від 05.10.2017. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2163-19#Text>

18. Прав Р. Ю. Діяльність суб'єктів формування і реалізації політики державної безпеки в інформаційній сфері України. URL: http://www.dy.nauka.com.ua/pdf/9_2018/103.pdf

19. Указ Президента України: Про рішення Ради національної безпеки і оборони України від 15 жовтня 2021 року «Про Стратегію інформаційної безпеки» № 685/2021 від 28.12.2021. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/685/2021#n7>

20. Про затвердження концепції стратегічних комунікацій Міністерство оборони України та Збройних Сил, Наказ МОУ № 612 від 22.11.2017. URL: http://www.mil.gov.ua/content/mou_orders/612_nm_2017.pdf

21. Управління комунікацій та преси Міністерства оборони України. URL: <http://www.mil.gov.ua/ministry/struktura-aparatu-ministerstva/upimou.html>
22. Федченко Д. І. Система забезпечення кібербезпеки: проблеми формування та ефективної діяльності. *Молодий вчений*, 2017. № 5(57). С. 653-658.
23. Шеломенцев В. П. Сутність організаційного забезпечення системи кібернетичної безпеки України та напрями його удосконалення. *Боротьба з організованою злочинністю і корупцією (теорія і практика)*, 2012. № 2. С. 299-309. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/boz_2012_2_36.
24. Олійник О. В. Структура суб'єктів забезпечення інформаційної безпеки в Україні. *Актуальні проблеми держави і права*, 2016. № 68. С. 485-491.
25. Указ Президента України: Про рішення Ради національної безпеки і оборони України № 47/2017 від 29 грудня 2016 року «Про Доктрину інформаційної безпеки України». URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/47/2017>
26. Довгань О. Д. Правові засади формування і розвитку системи забезпечення інформаційної безпеки. *Інформаційна безпека людини, суспільства, держави*, 2015. № 3(19). С. 6-17.
27. Кормич Б. А. Організаційноправові засади політики інформаційної безпеки України. Одеса, 2003. 472 с.
28. The IO Offensive: Information Operations Surrounding the Russian Invasion of Ukraine. Mandiant. Офіційний веб-ресурс. URL: <https://www.mandiant.com/resources/blog/information-operations-surrounding-ukraine>
29. Російські хакери у 2023 році збільшили кількість атак на Україну: що відомо. Інформаційне агенство УНІАН. Офіційний веб-ресурс. URL: <https://www.unian.ua/war/rosiyski-hakeri-u-2023-roci-zbilshili-kilkist-atak-na-ukrajinu-shcho-vidomo-12426765.html>

30. CERT-UA попереджає про кібершпигунство щодо державних організацій та українських медіа. Армія інформ. Офіційний веб-ресурс. URL: <https://armyinform.com.ua/2023/06/07/cert-ua-poperedzhaye-pro-kibershpygunstvo-shhodo-derzhavnyh-organizacij-ta-ukrayinskyh-media/>

31. Що таке DDoS-атака?. Державна служба спеціального зв'язку та захисту інформації України. Офіційний веб-ресурс. URL: <https://cip.gov.ua/ua/faqs/sho-take-ddos-ataka>

32. Україна успішно відбила найбільшу DDoS-атаку в своїй історії. Державна служба спеціального зв'язку та захисту інформації України. Офіційний веб-ресурс. URL: <https://cip.gov.ua/ua/news/ukrayina-uspishno-vidbila-naibilshu-ddos-ataku-v-svoyii-istoriyi>

33. Янковський О.А. Україні потрібна нова кіберстратегія. URL: <https://www.pravda.com.ua/columns/2019/09/14/7226291/>

34. Департамент Кіберполіції Національної поліції України. Офіційний веб-ресурс. URL: <https://cyberpolice.gov.ua/>

35. Російські хакери у 2023 році збільшили кількість атак на Україну: що відомо. Інформаційне агенство УНІАН. Офіційний веб-ресурс. URL: <https://www.unian.ua/war/rosiyski-hakeri-u-2023-roci-zbilshili-kilkist-atak-na-ukrajinu-shcho-vidomo-12426765.html>

36. Хандій О. О. Соціальні ресурси розвитку економіки: важелі державного регулювання / Ін-т економіки промисловості НАН України. Київ, 2019.

37. Quaglio G., Millar S. Potentially Negative Effects of Internet Use. Panel for the Future of Science and Technology, European Parliamentary Research Service, 2020.

38. Гриценко А., Бурлай Т. Вплив цифровізації на соціальний розвиток. *Економічна теорія*, 2020. №3. С.24-51

39. Тютюнникова С. В., Бервено О. В. Вплив процесу цифровізації економіки на молодіжне безробіття. URL// <http://econtlaw.nlu.edu.ua/wp-content/uploads/2021/04/46-65.pdf>

40. Цифрова економіка: тренди, ризики та соціальні детермінанти. – URL: https://razumkov.org.ua/uploads/article/2020_digitalization.pdf
41. Кифяк В., Дмитрієва О., Сироїжко К. Безробіття в Україні та шляхи його подолання. *Проблеми і перспективи економіки та управління*, 2019. № 1 (17). DOI: [https://doi.org/10.25140/2411-5215-2019-1\(17\)-19-25](https://doi.org/10.25140/2411-5215-2019-1(17)-19-25)
42. Закон України «Про зайнятість населення». URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/5067-17#Text>
43. Pearson K. On lines and planes of closest fit to systems of points in space. *Philosophical Magazine*, 1901. Vol. 2. P. 559-572.
44. Hotelling H. Analysis of a complex of statistical variables into principal components. *Journal of Educational Psychology (American Psychological Association)*, 1933. Vol. 24(6). P. 417-441. DOI: <https://doi.org/10.1037/h0071325>.
45. Fréchet M. Les éléments aléatoires de nature quelconque dans un espace distancié. *Ann. Inst. H. Poincaré*, 1948. Vol. 10. P. 215-310.
46. Jolliffe I.T. *Principal Component Analysis*, Series: Springer Series in Statistics, 2nd ed. Springer, NY, 2002. XXIX. 487 p.
47. Gorban A. N., Kegl B., Wunsch D., Zinovyev A. Y. *Principal Manifolds for Data Visualisation and Dimension Reduction*, Series: Lecture Notes in Computational Science and Engineering 58, Springer, Berlin — Heidelberg. New York, 2007. XXIV. 340 p.
48. World Development Indicators, World Bank. URL: <https://databank.worldbank.org/source/world-development-indicators>.
49. Abdi H., Williams L.J. *Principal component analysis.. Wiley Interdisciplinary Reviews: Computational Statistics*, 2010. Vol. 2. P. 433–459.
50. Harris R. J. The invalidity of partitioned- U tests in canonical correlation and multivariate analysis of variance. *Multivariate Behavioral Research*, 1976. Vol. 11(3). P. 353–365. URL: https://doi.org/10.1207/s15327906mbr1103_6.
51. Mendoza J. L., Markos V. H., & Gonter, R. A new perspective on sequential testing procedures in canonical analysis: A Monte Carlo evaluation.

Multivariate Behavioral Research, 1978. Vol. 13(3). P. 371–382. URL: https://doi.org/10.1207/s15327906mbr1303_8.

52. Global Innovation Index 2022. What is the future of innovation driven growth? 15th Edition. Geneva: WIPO, 2022. 89 p. URL: <https://www.wipo.int/edocs/pubdocs/en/wipo-pub-2000-2022-en-main-report-global-innovation-index-2022-15th-edition.pdf>

53. Global Innovation Index. WIPO Publications Series (2011-2020). URL: <https://www.wipo.int/publications/en/series/index.jsp?id=129>

54. ICT goods exports (% of total goods exports). World Bank data. URL: <https://data.worldbank.org/indicator/TX.VAL.ICTG.ZS.UN>

55. Pearson K. VII. Mathematical contributions to the theory of evolution-III. Regression, heredity, and panmixia. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Series A, containing papers of a mathematical or physical character*, 1896. Vol. 187. P. 253-318. URL: <https://doi.org/10.1098/rsta.1896.0007>

56. Spearman C. The proof and measurement of association between two things. *The American Journal of Psychology*, 1987. №100(3/4). P. 441-471. URL: <https://doi.org/10.2307/1422689>

57. Shapiro S. S., Wilk, M. B. An analysis of variance test for normality (complete samples). *Biometrika*, 1965. №52(3/4). P. 591-611. URL: <https://doi.org/10.2307/2333709>

58. Pairwise Granger causality tests after var or svar. Stata manuals. URL: <https://www.stata.com/manuals/tsvargranger.pdf>

59. Granger C. W. J. Investigating causal relations by econometric models and cross-spectral methods. *Econometrica*, 1969. №37. P. 424–438. URL: <https://doi.org/10.2307/1912791>

60. Herman E. The Interplay between Digital Entrepreneurship and Sustainable Development in the Context of the EU Digital Economy: A Multivariate Analysis. *Mathematics*, 2022. Vol. 10. P. 1682. <https://doi.org/10.3390/math10101682>.

61. Dzwigol H., Dzwigol-Barosz M. Sustainable Development of the Company on the Basis of Expert Assessment of the Investment Strategy. *Academy of Strategic Management Journal*, 2020. Vol. 19(5). P. 1–7.

62. Shulla K., Leal-Filho W. Achieving the UN Agenda 2030: Overall actions for the successful implementation of the Sustainable Development Goals before and after the 2030 deadline 2023. URL: https://www.agenda-2030.fr/IMG/pdf/expo_ida_2022_702576_en.pdf.

63. Dzwigol H., Dzwigol-Barosz M., Kwilinski A. Formation of Global Competitive Enterprise Environment Based on Industry 4.0 Concept. *International Journal of Entrepreneurship*, 2020. Vol. 24(1). P. 1-5.

64. Pūķis M., Bičevskis J., Gendelis S., Karnītis E., Karnītis Ģ., Eihmanis A., Sarma U. Role of Local Governments in Green Deal Multilevel Governance: The Energy Context. *Energies*, 2023. Vol. 16(12). P. 4759.

65. Luo S., Yimamu N., Li Y., Wu H., Irfan M., Hao Y. Digitalization and sustainable development: How could digital economy development improve green innovation in China? *Business Strategy and the Environment*, 2023. Vol. 32(4). P. 1847-1871.

66. Kasych A., Vochozka M. Theoretical and methodical principles of managing enterprise sustainable development. *Marketing and Management of Innovations*, 2017. Vol. 2. P. 298-305.

67. Kwilinski A., Vyshnevskiy O., Dzwigol H. Digitalization of the EU Economies and People at Risk of Poverty or Social Exclusion. *Journal of Risk and Financial Management*, 2020. Vol. 13(7). P. 142. DOI: <https://doi.org/10.3390/jrfm13070142>

68. Yang W., Chen Q., Guo Q., Huang X. Toward Sustainable Development: How Digitalization, Technological Innovation, and Green Economic Development Interact with Each Other. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 2022. Vol. 19. P. 12273. DOI: <https://doi.org/10.3390/ijerph191912273>.

69. Pérez-Martínez J., Hernandez-Gil F., San Miguel G., Ruiz D., Arredondo M. T. Analyzing associations between digitalization and the accomplishment of the Sustainable Development Goals. *Science of The Total Environment*, 2023. Vol. 857. P. 159700.

70. Merola R. Inclusive Growth in the Era of Automation and AI: How Can Taxation Help? *Frontiers in Artificial Intelligence*, 2022. Vol. 5. P. 867832.

71. Trushkina N., Abazov R., Rynkevych N., Bakhautdinova G. Digital Transformation of Organizational Culture under Conditions of the Information Economy. *Virtual Economics*, 2020. Vol. 3. P. 7-38. DOI: [https://doi.org/10.34021/ve.2020.03.01\(1\)](https://doi.org/10.34021/ve.2020.03.01(1)).

72. Dzwigol H., Dzwigol-Barosz M., Miskiewicz R., Kwilinski A. Manager Competency Assessment Model in the Conditions of Industry 4.0. *Entrepreneurship and Sustainability Issues*, 2020. Vol. 7(4). P. 2630–2644.

73. Ernst E. The AI trilemma: Saving the planet without ruining our jobs. *Frontiers in Artificial Intelligence*, 2022. Vol. 5. P. 886561.

74. Green F., Healy N. How inequality fuels climate change: The climate case for a Green New Deal. *One Earth*, 2022. Vol. 5(6). P. 635-649.

75. Hietschold N., Voegtlin C., Scherer A. G., Gehman J. Pathways to social value and social change: An integrative review of the social entrepreneurship literature. *International Journal of Management Reviews*, 2023. Vol. 25(3). P. 564-586.

76. Internet Crime Complaint Center. URL : <https://www.ic3.gov/Home/AnnualReports>

77. Fleck A. Cybercrime expected to skyrocket in coming years. *Statista*. URL: <https://www.statista.com/chart/28878/expected-cost-of-cybercrime-until-2027/>

78. Eurostat. Shares of investments in GDP. URL: https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/sdg_08_11/default/table

79. Eurostat. Security policy: Measures, risks and staff awareness by size class of enterprise. URL:

https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/isoc_cisce_ra_custom_8882285/default/table?lang=en

80. Surfshark. Cybercrime indicators. URL: <https://surfshark.com/research/data-breach-impact/methodology>
81. Dawson M., Wright J., Omar M. Mobile Devices: The Case for Cyber Security Hardened Systems, 2016. DOI: <https://doi.org/10.4018/978-1-4666-8751-6.ch047>
82. Kuzior A., Vasylieva T., Kuzmenko O., Koibichuk V., Brožek P. Global digital convergence: Impact of cybersecurity, business transparency, economic transformation, and AML efficiency. *Journal of Open Innovation: Technology, Market, and Complexity*, 2022. Vol. 8(4). DOI: <https://doi.org/10.3390/joitmc8040195>
83. Pakhnenko O., Kuan Z. Ethics of Digital Innovation in Public Administration. *Business Ethics and Leadership*, 2023. Vol. 7(1). P. 113-121. DOI: [http://doi.org/10.21272/bel.7\(1\).113-121.2023](http://doi.org/10.21272/bel.7(1).113-121.2023).
84. Tagiyeva N., Babashirinova E., Agabekova G., Damirov Y., Ismayilova G. Interdependence of the banking system development and the economic growth in the context of digitalization: Case study of Azerbaijan and its key trading partners. *Banks and Bank Systems*, 2023. Vol. 18(3). P. 147-163. DOI: [https://doi.org/10.21511/bbs.18\(3\).2023.13](https://doi.org/10.21511/bbs.18(3).2023.13)
85. Aruzhan Y., Dauliyeva G., Andabayeva G., Nurmanova B. Effectiveness of public administration of the digital economy in Kazakhstan. *Problems and Perspectives in Management*, 2023. Vol. 21(3). P. 125-137. DOI: [https://doi.org/10.21511/ppm.21\(3\).2023.10](https://doi.org/10.21511/ppm.21(3).2023.10)
86. Qadeer M., Hussain C. G., Hussain C. M. Computer Forensics and Personal Digital Assistants. In *Modern Forensic Tools and Devices: Trends in Criminal Investigation*, 2023.
87. Singh B., Lukose S. A Recent Advancement in Techniques for Investigating Cybercrimes, Digital Crimes and Audio Forensics. *Indian Journal of Forensic Medicine and Pathology*, 2021. Vol. 14(3 Special). P. 739–742.

88. Kuzior A., Brożek P., Kuzmenko O., Yarovenko H., Vasilyeva T. Countering cybercrime risks in financial institutions: Forecasting information trends. *Journal of Risk and Financial Management*, 2022. Vol. 15(12) DOI: <https://doi.org/10.3390/jrfm15120613>

89. Bednářová M., Serpeninova Y. Corporate digital responsibility: bibliometric landscape–chronological literature review. *The International Journal of Digital Accounting Research*, 2023. Vol. 23(29). P. 1-18. DOI: https://doi.org/10.4192/1577-8517-v23_1

90. Vitvitskiy S. S., Kurakin O. N., Pokataev P. S., Skriabin O. M., Sanakoiev D. B. Peculiarities of cybercrime investigation in the banking sector of Ukraine: review and analysis. *Banks and Bank Systems*, 2021. Vol. 16(1). P. 69-80. DOI: [https://doi.org/10.21511/bbs.16\(1\).2021.07](https://doi.org/10.21511/bbs.16(1).2021.07)

91. Kuzior A., Yarovenko H., Brożek P., Sidelnyk N., Boyko A., Vasilyeva T. Company Cybersecurity System: Assessment, Risks and Expectations. *Production Engineering Archives*, 2023. Vol. 29(4). P. 379-392. DOI: <https://doi.org/10.30657/pea.2023.29.43>

92. Saracoglu D. Metaverse and New Cybersecurity Threats. In *Studies in Big Data*, 2023. Vol. 133. https://doi.org/10.1007/978-981-99-4641-9_7

93. Kuzior A., Arefieva O., Kovalchuk A., Brożek P., Tytykalo V. Strategic Guidelines for the Intellectualization of Human Capital in the Context of Innovative Transformation. *Sustainability*, 2022. Vol. 14(19). P. 11937. DOI: <https://doi.org/10.3390/su141911937>

94. Melnyk M., Blyznyukov A., Cieślik J. The impact of digital education initiatives. *SocioEconomic Challenges*, 2023. Vol. 7(3). P. 1-9. DOI: [https://doi.org/10.61093/sec.7\(3\).1-9.2023](https://doi.org/10.61093/sec.7(3).1-9.2023)

95. Habenko M. Export of high-tech goods in the context of innovation transfer for social-economic development: factor analysis. *SocioEconomic Challenges*, 2023. Vol. 7(2). P. 152-160. DOI: [https://doi.org/10.21272/sec.7\(2\).152-160.2023](https://doi.org/10.21272/sec.7(2).152-160.2023)

96. Abbas A. F., Jusoh A., Mas'od A., Alsharif A. H., Ali J. Effect of intrinsic and extrinsic motivations on cyber-market mavenism: Their role in information-sharing behavior. *Innovative Marketing*, 2022. Vol. 18(2). P. 198-211. DOI: [https://doi.org/10.21511/im.18\(2\).2022.17](https://doi.org/10.21511/im.18(2).2022.17)
97. Cramer J. The Origins of Logistic Regression. Tinbergen Institute Working Paper No. 2002-119/4, 2022. URL: <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.360300>
98. Friedman J. H. Multivariate Adaptive Regression Splines. *The Annals of Statistics*, 1991, Vol. 19(1). P. 1–67.
99. Craven P., Wahba G. Smoothing noisy data with spline functions. *Numerische Mathematik*, 1978, Vol. 31. P. 377-403. DOI: <https://doi.org/10.1007/BF01404567>
100. International Telecommunication Union. (2022). Internet indicators. URL: <https://datahub.itu.int/data/>
101. World Bank DataBank. URL: <https://databank.worldbank.org/home.aspx>
102. E-Participation Index. URL: <https://publicadministration.un.org/egovkb/en-us/About/Overview/E-Participation-Index>
103. E-Government Development Index (EGDI). URL: <https://publicadministration.un.org/egovkb/en-us/About/Overview/-E-Government-Development-Index>
104. E-Government Development Index: CESifo DICE Report. URL: <https://www.ifo.de/DocDL/dicereport412-db2.pdf>
105. Лібанова Е.М., Гладун О.М., Лісогор Л.С. Вимірювання якості життя в Україні. URL: <https://www.undp.org/sites/g/files/zskgke326/files/migration/ua/59adf99aed5db656c02288d8a2a0a3411651dc4464211cfb716f19b63aacefec.pdf>
106. OECD. III. Quality Of Life. URL: <https://www.oecd.org/sdd/47918063.pdf>.

107. Quality of life indicators - measuring quality of life. URL: [https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-](https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Quality_of_life_indicators_-_measuring_quality_of_life)

[explained/index.php?title=Quality of life indicators - measuring quality of life](https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Quality_of_life_indicators_-_measuring_quality_of_life)

108. The Economist Intelligence Unit's quality-of-life index. URL: https://www.economist.com/media/pdf/quality_of_life.pdf

109. Methodology of Quality of Life Indicators 2020. URL: [https://www.ine.es/ss/Satellite?blobcol=urldata&blobheader=application%2Fpdf&blo](https://www.ine.es/ss/Satellite?blobcol=urldata&blobheader=application%2Fpdf&blobheadername1=Content-)

[Disposition&blobheadervalue1=attachment%3B+filename%3DMethodology_QoL_2020_EN.pdf&blobkey=urldata&blobtable=MungoBlobs&blobwhere=995%2F596%2FMethodology_QoL_2020_EN.pdf&ssbinary=true](https://www.ine.es/ss/Satellite?blobcol=urldata&blobheader=application%2Fpdf&blobheadername1=Content-Disposition&blobheadervalue1=attachment%3B+filename%3DMethodology_QoL_2020_EN.pdf&blobkey=urldata&blobtable=MungoBlobs&blobwhere=995%2F596%2FMethodology_QoL_2020_EN.pdf&ssbinary=true)

110. The World Bank. GDP per capita, PPP (current international \$). URL: <https://data.worldbank.org/indicator/NY.GDP.PCAP.PP.CD>

111. The World Bank. Life expectancy at birth, total (years). URL: <https://data.worldbank.org/indicator/SP.DYN.LE00.IN>

112. The World Bank. DataBank. Political Stability and Absence of Violence/Terrorism: Estimate. URL: <https://databank.worldbank.org/metadataglossary/worldwide-governance-indicators/series/PV.EST>

113. The World Bank. Unemployment, total (% of total labor force) (modeled ILO estimate). URL: <https://data.worldbank.org/indicator/SL.UEM.TOTL.ZS>

114. The World Bank. Labor force, total. URL: <https://data.worldbank.org/indicator/SL.TLF.TOTL.IN>

115. The World Bank. Individuals using the Internet (% of population). URL: <https://data.worldbank.org/indicator/IT.NET.USER.ZS>

116. The World Bank. DataBank. Voice and Accountability: Estimate. URL: <https://databank.worldbank.org/metadataglossary/1181/series/VA.EST>

117. Keras Sequential. URL: <https://www.educba.com/keras-sequential/>

118. Барегамян С. Х., Карпі Ю. В. Електронне урядування на загальнодержавному, регіональному та місцевому рівнях: сучасний стан та

перспективи впровадження в Україні. *Державне управління: удосконалення та розвиток*, 2019. № 11. DOI: <https://doi.org/10.32702/2307-2156-2019.11.30>

119. Електронне урядування та електронна демократія: навч. посіб.: у 15 ч. / за заг. ред. А. І. Семенченка, В. М. Дрешпака. К., 2017.

120. Жекало Г. І., Заяць М. Я., Вакун О. В. Сутність та зміст електронного урядування: концептуальний вимір. *Державне управління: удосконалення та розвиток*, 2020. № 8. URL: <http://www.dy.nayka.com.ua/?op=1&z=1716>

121. Про адміністративні послуги. Закон України від 06.09.2012 № 5203-VI. Верховна Рада України. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/5203-17#Text>

122. Портал електронних сервісів Мінекономіки. URL: <https://my.gov.ua/>

123. Державні послуги онлайн. URL: <https://diia.gov.ua/>

124. Центр надання адміністративних послуг м. Києва. Офіційний веб-портал. URL: <https://kyivcnap.gov.ua/>

125. Центр надання адміністративних послуг. Львівська міська рада. URL: <https://city-adm.lviv.ua/services/>

126. Центр надання адміністративних послуг у м. Суми. URL: <https://cnap.gov.ua/>

127. Розвиток е-урядування у найбільших містах України: результати дослідження 2016. Подільська агенція регіонального розвитку. URL: <http://pard.org.ua/yakrozvivatsyae-uryaduvannyataadmnposlugiunajblshihmstahukrani-rezultatidosldzhennyaza2016rk.html>

128. United Nations E-Government Survey 2022. United Nations. New York, 2022. URL: <https://publicadministration.desa.un.org/publications/un-e-government-survey-2022>

129. Про соціальні послуги. Закон України від 17.01.2019 № 2671-VIII. Верховна Рада України. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2671-19#Text>

130. Loader B. D., Keeble L. Challenging the digital divide? A literature review of community informatics initiatives. York, UK: Joseph Rowntree Foundation, 2004.

131. Van Dijk, J.A.G.M. Digital divide research, achievements and shortcomings. *Poetics*, 2006. Vol. 34(4-5). P. 221-235.

132. Van Dijk, J., Hacker K. The digital divide as a complex and dynamic phenomenon. *The information Society*, 2003. Vol. 19(4). P. 315-326.

133. Bucy E. P., Newhagen J. E. (Eds.). Media access: Social and psychological dimensions of new technology use. Psychology Press, 2004.

134. Kwok-Kee W., Hock-Hai T., Hock C. C., Bernard C. Y. Tan Conceptualizing and Testing a Social Cognitive Model of the Digital Divide. *Information Systems Research*, 2010. Vol. 22(1). P. 170-187. DOI: <https://doi.org/10.1287/isre.1090.0273>

135. Stern M.J., Adams A.E., Elsassser S. Digital inequality and place: the effects of technological diffusion on Internet proficiency and usage across rural, suburban, and urban counties. *Sociological Inquiry*, 2009. Vol. 79(4). P. 391–417.

136. Van Deursen A.J., Helsper E.J., Eynon R. Development and validation of the Internet Skills Scale (ISS). *Information, Communication and Society*, 2016. Vol. 19(6). P. 804–823.

137. Van Deursen A. J. A. M., Helsper E. J. The third level digital divide: who benefits most from being online? In L. Robinson, S. R. Cotten, & J. Schulz (Eds.), *Communication and Information Technologies Annual (pp. 29-52)*. (*Studies in Media and Communications, Vol. 9*). Emerald.

138. Горохова Т. В. Маматова Л. Ш. Формування цифрових компетентностей в освітньому середовищі на засадах сталого розвитку. *Науково-практичний журнал «Освітня аналітика України»*, 2020. № 4 (11). С. 113-121

139. Соціальні, економічні та освітні трансформації в цифрову епоху : монографія / С. В. Леонов та ін. ; за заг. ред. д-ра екон. наук С. В. Леонова, к-ки екон. наук О. А. Криклій. Суми : Сумський державний університет, 2022. 204 с.

140. Shandilya G., Srivastava A. R. Digitalization of Higher Education: Issues and Challenges. *Transforming Higher Education Through Digitalization*, 2021. P. 293–308.

141. Ugur N. G. Digitalization in higher education: A qualitative approach. *International Journal of Technology in Education and Science*, 2020. № 4(1). P. 18–25.

142. Бабаєв В. М., Стадник Г. В., Момот Т. В. Цифрова трансформація в сфері вищої освіти в умовах глобалізації. Комунальне господарство міст. Серія: Економічні науки, 2019. № 2. С. 2–9.

143. Гужва В.М. Цифрова трансформація університетів. Східна Європа: економіка, бізнес та управління, 2019. №21. С. 597-604. URL: http://www.easterneuropeebm.in.ua/journal/21_2019/92.pdf

144. Nalyvaiko O. Digitalization of the educational environment in higher education institutions of people's republic of China. *Humanities Science Current Issues*, 2020. № 2. P. 188–194. DOI: <https://doi.org/10.24919/2308-4863.2/32.214696>

145. Лопушняк Г., Шандар А., Милян Р. Освітні траєкторії формування цифрових компетентностей. *Галицький економічний вісник*, 2023. № 3(82). С. 19-30

146. Зелінська А. М., Тарасович Л. В., Лавриненко С. О. Цифрові компетенції як основа трансформації професійної освіти майбутніх менеджерів. *Економіка та суспільств*, 2023. Вип. 49. URL: <https://www.economyandsociety.in.ua/index.php/journal/article/download/2351/2272>

147. Harris R. J. The invalidity of partitioned- U tests in canonical correlation and multivariate analysis of variance. *Multivariate Behavioral Research*, 1976. Vol. 11(3). P. 353–365. URL: https://doi.org/10.1207/s15327906mbr1103_6

148. Цифрові технології в освіті: сучасний досвід, проблеми та перспективи : монографія / Т. А. Васильєва та ін. ; за заг. ред. д-рки екон. наук, проф. Т. А. Васильєвої, д-ра екон. наук, проф. Ю. М. Петрушенка. Суми : Сумський державний університет, 2022. 150 с.

149. Mendoza J. L., Markos V. H., Gonter, R. A new perspective on sequential testing procedures in canonical analysis: A Monte Carlo evaluation. *Multivariate Behavioral Research*, 1978. Vol. 13(3). P. 371–382. URL: https://doi.org/10.1207/s15327906mbr1303_8.

150. World Development Indicators, World Bank. URL: <https://databank.worldbank.org/source/world-development-indicators>.

151. Sappey J. Dr., Relf St. Digital Technology Education and its Impact on Traditional Academic Roles and Practice. *Journal of University Teaching & Learning Practice*, 2010. № 7(1). P. 1–17. 21.

152. Narvaez Rojas C., Alomia Peñafiel G. A., Loaiza Buitrago D.F., Tavera Romero C.A. Society 5.0: A Japanese Concept for a Superintelligent Society. *Sustainability*, 2021. Vol. 13. P. 6567. DOI: <https://doi.org/10.3390/su13126567>

153. Mieszajkina E., Bochen P. Assessment of Digital Competences of Lublin Province Residents in Relational Terms. *Scientific Papers of Silesian University of Technology Organization and Management Series*, 2022. Vol. 166. P. 545–563.

154. Campillo-Ferrer J.M., Miralles-Martínez P. Effectiveness of the flipped classroom model on students' self-reported motivation and learning during the COVID-19 pandemic. *Humanities and Social Sciences Communications*, 2021. Vol. 8. P. 176. DOI: <http://dx.doi.org/10.1057/s41599-021-00860-4>

155. Davis K. N. Implementing the Flex Model of Blended Learning in a World History Classroom: How Blended Learning Affects Student Engagement and Mastery. Ph.D. Thesis, College of Education University of South Carolina, Columbia, SC, USA, 2019.

156. Hadiprayitno G., Kusmiyati K., Lestari A., Lukitasari M., Sukri A. Blended learning station-rotation model: does it impact on preservice teachers' scientific literacy? *Jurnal Penelitian Pendidikan. IPA*, 2021, 7, 317–324. <http://dx.doi.org/10.29303/jppipa.v7i3.676>

157. Riedel R., Vialle W., Pearson P. Quality learning and positive education practice: the student experience of learning in a school-wide approach to positive

education. *International Journal of Applied Positive Psychology*, 2020. Vol. 5. 53–75. DOI: <http://dx.doi.org/10.1007/s41042-020-00029-5>.

158. How Much Time Does the Average Person Spend on Social Media? URL: <https://www.digitalmarketing.org/blog/how-much-time-does-the-average-person-spend-on-social-media> (accessed on 1 March 2023).

159. Teens Use an Average of Nine Hours of Media per Day While Tweens Use Six Hours. URL: <https://www.stompoutbullying.org/blog/teens-use-average-nine-hours-media-day-while-tweens-use-six-hours>

160. Teens Spend “Astounding” Nine Hours a Day in Front of Screens: Researchers. URL: <https://www.wvea.org/content/teens-spend-astounding-nine-hours-day-front-screens-researchers>.

161. Transitioning Classes into Electronic Gadgets: Life of Students in Lockdown. URL: <https://www.downtoearth.org.in/blog/health/transitioning-classes-into-electronic-gadgets-life-of-students-in-lockdown-72962>

162. Boyko M., Turko O., Dluhopolskyi O., Henceruk H. The quality of training future teachers during the COVID-19 pandemic: a case from TNPU. *Education Sciences*, 2021. Vol. 11. P. 660. <https://doi.org/10.3390/educsci11110660>.

163. Dall I., Dickinson D., Payne R., Tierney S. *Transforming Education. Empowering the students of today to create the world of tomorrow*. Microsoft: Redmond, DC, USA, 2018. 139 p.

164. An Introduction to Immersive Technologies. URL: <https://www.vistaequitypartners.com/insights/an-introduction-to-immersive-technologies>.

165. Eutsler L., Long C. S. Preservice teachers’ acceptance of virtual reality to plan science instruction. *Educational Technology & Society*, 2021. Vol. 24. P. 28–43. URL: <https://www.jstor.org/stable/27004929>

166. Herrington J., Reeves T. C., Oliver R. Immersive learning technologies: Realism and online authentic learning. *Journal of Computing in Higher Education*, 2007. Vol. 19. P. 80–99. DOI: <http://dx.doi.org/10.1007/BF03033421>.

167. Dede C. Immersive interfaces for engagement and learning. *Science*, 2009. Vol. 323. P. 66–69. DOI : <http://dx.doi.org/10.1126/science.1167311>.

168. Lindgren R., Tscholl M., Wang S., Johnson E. Enhancing learning and engagement through embodied interaction within a mixed reality simulation. *Computers & Education*, 2016, Vol. 95. P. 174–187. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.compedu.2016.01.001>

169. McGovern E., Moreira G., Luna-Nevarez C. An application of virtual reality in education: can this technology enhance the quality of students' learning experience? *Journal of Education for Business*, 2020. Vol. 95. P. 490–496.

170. Radianti J., Majchrzak T.A., Fromm J., Wohlgenannt I. A systematic review of immersive virtual reality applications for higher education: design elements, lessons learned, and research agenda. *Computers & Education*, 2020. Vol. 147. P. 103778. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.compedu.2019.103778>

171. Brown E., Cairns P. A Grounded Investigation of Game Immersion. In *Proceedings of the CHI '04 Extended Abstracts on Human Factors in Computing Systems*, New York, NY, USA, 24–29 April 2004. P. 1297–1300. DOI: <https://doi.org/10.1145/985921.986048>

172. Immersive Learning: What Is It and Why Does It Work? URL: <https://www.strivr.com/blog/defining-immersive-learning>

173. Immersive Learning Environments (ILEs). URL: <https://www.gartner.com/en/information-technology/glossary/immersive-learning-environments-iles>.

174. Liubchak V. O., Zuban Y. O., Artyukhov A. E. Immersive learning technology for ensuring quality education: Ukrainian university case. *CEUR Workshop Proceedings*, 2022. Vol. 3085. P. 336–354. URL: <https://ceur-ws.org/Vol-3085/paper12.pdf>

175. Focus on graduate skills. In *Students' Views on Graduate Skills; The Quality Assurance Agency for Higher Education*: Gloucester, UK, 2019. 45 p. URL: <https://www.qaa.ac.uk/scotland/focus-on/graduate-skills>.

176. Caprara L. Caprara, C. Effects of virtual learning environments: a scoping review of literature. *Education and Information Technologies*, 2022. Vol. 27. P. 3683–3722. DOI: <http://dx.doi.org/10.1007/s10639-021-10768-w>.
177. Google Trends. URL: <https://trends.google.com>
178. Artyukhov A., Volk I., Surowiec A., Skrzypek-Ahmed S., Bliumska-Danko K., Dluhopolskyi O., Shablysty V. Quality of education and science in the context of Sustainable Development Goals—From Millennium Goals to Agenda 2030: Factors of innovation activity and socio-economic impact. *Sustainability*, 2022, Vol. 14. P. 11468. DOI: <https://doi.org/10.3390/su141811468>.
179. Vorontsova A., Vasylieva T., Lyeonov S., Artyukhov A., Mayboroda T. Education expenditures as a factor in bridging the gap at the level of digitalization. In Proceedings of the 11th International Conference on Advanced Computer Information Technologies, ACIT 2021—Proceedings, Deggendorf, Germany, 15–17 September 2021. P. 242–245.
180. Vorontsova A., Vasylieva T., Bilan Y., Ostasz G., Mayboroda T. The influence of state regulation of education for achieving the sustainable development goals: case study of central and eastern European countries. *Administrative Si Management Public*, 2020. Vol. 34. P. 6–26. DOI: <http://dx.doi.org/10.24818/amp/2020.34-01>
181. Polianovskyi H., Zatonatska T., Dluhopolskyi O., Liutyi I. Digital and technological support of distance learning at universities under COVID-19 (case of Ukraine). *Revista Romaneasca pentru Educatie Multidimensionala*, 2021. Vol. 13. P. 595–613. DOI: <https://doi.org/10.18662/rrem/13.4/500>
182. Dluhopolskyi O., Knysh O., Oleksiv I., Smyrna L., Panchenko O. Forming expert environment for accreditation of educational programs: A case of Ukraine. *Knowledge and Performance Management*, 2021. Vol. 5. P. 68–82.
183. Yarovenko H., Bilan Y., Lyeonov S., Mentel G. Methodology for assessing the risk associated with information and knowledge loss management. *Journal of Business Economics and Management*, 2021. Vol. 22. P. 369–387.

184. Liuta O., Lyeonov S., Aryukhov A., Sushko-Bezdenzhnykh M., Dluhopolskyi O. Students' survey as a tool for quality assurance in higher education: the case of Ukrainian university. *Naukovyi Visnyk Natsionalnoho Hirnychoho Universytetu*, 2021. Vol. 4. P. 158–164.

185. Lyeonov S., Vasylieva T., Bilan Y., Bagmet K. Convergence of the institutional quality of the social sector: the path to inclusive growth. *International Journal of Trade and Global Markets*, 2021. Vol. 14. P. 272–291.

186. Artyukhov A. Y., Vasylieva T. A., Lyeonov S. V. An integrated method for evaluating the quality of education and university performance. *Naukovyi Visnyk Natsionalnoho Hirnychoho Universytetu*, 2021. Vol. 3. P. 148–154.

187. Aryukhov A., Lyeonov S., Vasylieva T., Dluhopolskyi O., Dluhopolska T., Tsikh H. Local (university) rankings and quality of education: Identification of publication activity indicators. In Proceedings of the 11th International Conference on Advanced Computer Information Technologies, Deggendorf, Germany, 15–17 September 2021. P. 246–249.

188. Stukalo N., Dluhopolskyi O. Educational programs accreditation in pandemic times: challenges for NAQA (Ukraine). *Revista Romaneasca pentru Educatie Multidimensionala*, 2020. Vol. 12. P. 167–172.

189. Pozos Pérez K. V., Tejada Fernández J. Competencias Digitales En Docentes de Educación Superior: Niveles de Dominio y Necesidades Formativas. *Revista Digital de Investigación en Docencia Universitaria*, 2018. Vol. 12. P. 59–87.

190. Cabero-Almenara J., Barroso-Osuna J., Palacios-Rodríguez A., Llorente-Cejudo C. Marcos de Competencias Digitales Para Docentes Universitarios: Su Evaluación a Través Del Coeficiente Competencia Experta. *REIFOP*, 2020. Vol. 23(2). P. 1-18. DOI: <https://doi.org/10.6018/reifop.413601>

191. Redecker C. *European Framework for the Digital Competence of Educators: DigCompEdu*, EUR 28775 EN; Punie, Y., Ed.; Publications Office of the European Union: Luxembourg, 2017. DOI: <https://doi:10.2760/159770>, JRC107466.

ДОДАТКИ

Додаток А

Результати тесту Грейнджера для встановлення причинності у взаємозв'язках між показником співробітництва університетів і промисловості в НДДКР та показниками цифровізації

Результуючий показник	Факторний показник	chi2	df	Prob > chi2
1	2	3	4	5
США				
UI_RD	ICT_A	3.6223	2	0.163
ICT_A	UI_RD	3.2216	2	0.200
UI_RD	GOS	30.825	2	0.000*
GOS	UI_RD	4.0703	2	0.131
UI_RD	OC	24.52	2	0.000*
OC	UI_RD	9.0822	2	0.011*
UI_RD	ICT_G_E	30.197	2	0.000*
ICT_G_E	UI_RD	24.892	2	0.000*
Ізраїль				
UI_RD	ICT_A	5.2571	2	0.072
ICT_A	UI_RD	7.8989	2	0.019*
UI_RD	GOS	3.5479	2	0.170
GOS	UI_RD	23.283	2	0.000*
UI_RD	OC	8.3246	2	0.016*
OC	UI_RD	46.537	2	0.000*
UI_RD	ICT_G_E	.50378	2	0.777
ICT_G_E	UI_RD	.56222	2	0.755
Швейцарія				
UI_RD	ICT_A	1.3377	2	0.512
ICT_A	UI_RD	12.039	2	0.002*
UI_RD	GOS	5.6705	2	0.059
GOS	UI_RD	7.0555	2	0.029*
UI_RD	OC	54.262	2	0.000*
OC	UI_RD	.08753	2	0.957
UI_RD	ICT_G_E	15.403	2	0.000*
ICT_G_E	UI_RD	3.8031	2	0.149
Нідерланди				
UI_RD	ICT_A	19.731	2	0.000*
ICT_A	UI_RD	1.2773	2	0.528
UI_RD	GOS	4.5423	2	0.103
GOS	UI_RD	1.196	2	0.550
UI_RD	OC	9.9897	2	0.007*
OC	UI_RD	42.582	2	0.000*
UI_RD	ICT_G_E	22.546	2	0.000*
ICT_G_E	UI_RD	.87521	2	0.646
Китай				
UI_RD	ICT_A	3.6595	2	0.160
ICT_A	UI_RD	48.162	2	0.000*
UI_RD	GOS	.10064	2	0.951

Продовження додатку А

1	2	3	4	5
GOS	UI_RD	2.7845	2	0.249
UI_RD	OC	9.9482	2	0.007*
OC	UI_RD	14.558	2	0.001*
UI_RD	ICT_G_E	.61658	2	0.735
ICT_G_E	UI_RD	.74958	2	0.687
Ірландія				
UI_RD	ICT_A	7.4771	2	0.024*
ICT_A	UI_RD	9.671	2	0.008*
UI_RD	GOS	4.3659	2	0.113
GOS	UI_RD	1.4806	2	0.477
UI_RD	OC	8.4803	2	0.014*
OC	UI_RD	10.538	2	0.005*
UI_RD	ICT_G_E	25.054	2	0.000*
ICT_G_E	UI_RD	1.4506	2	0.484
Сінгапур				
UI_RD	ICT_A	13.362	2	0.001*
ICT_A	UI_RD	1.3871	2	0.500
UI_RD	GOS	20.404	2	0.000*
GOS	UI_RD	.92555	2	0.630
UI_RD	OC	11.599	2	0.003*
OC	UI_RD	98.143	2	0.000*
UI_RD	ICT_G_E	18.658	2	0.000*
ICT_G_E	UI_RD	3.2046	2	0.201
Бельгія				
UI_RD	ICT_A	107.04	2	0.000*
ICT_A	UI_RD	4.5961	2	0.100
UI_RD	GOS	44.264	2	0.000*
GOS	UI_RD	.71994	2	0.698
UI_RD	OC	64.257	2	0.000*
OC	UI_RD	6.6176	2	0.037*
UI_RD	ICT_G_E	26.219	2	0.000*
ICT_G_E	UI_RD	.88451	2	0.643
Канада				
UI_RD	ICT_A	12.163	2	0.002*
ICT_A	UI_RD	11.629	2	0.003*
UI_RD	GOS	.65597	2	0.720
GOS	UI_RD	1.7263	2	0.422
UI_RD	OC	2.6881	2	0.261
OC	UI_RD	56.158	2	0.000*
UI_RD	ICT_G_E	1.8528	2	0.396
ICT_G_E	UI_RD	4.5198	2	0.104
Швеція				
UI_RD	ICT_A	3.3801	2	0.185
ICT_A	UI_RD	2.6906	2	0.260
UI_RD	GOS	2.0882	2	0.352
GOS	UI_RD	6.062	2	0.048*

Продовження додатку А

1	2	3	4	5
UI_RD	OC	49.66	2	0.000*
OC	UI_RD	4.8807	2	0.087
UI_RD	ICT_G_E	1.2795	2	0.527
ICT_G_E	UI_RD	13.722	2	0.001*
Фінляндія				
UI_RD	ICT_A	8.9789	2	0.011*
ICT_A	UI_RD	43.008	2	0.000*
UI_RD	GOS	.01827	2	0.991
GOS	UI_RD	19.374	2	0.000*
UI_RD	OC	5.2748	2	0.072
OC	UI_RD	27.222	2	0.000*
UI_RD	ICT_G_E	1.7639	2	0.414
ICT_G_E	UI_RD	60.814	2	0.000*
Катар				
UI_RD	ICT_A	9.2409	2	0.010*
ICT_A	UI_RD	13.166	2	0.001*
UI_RD	GOS	7.7231	2	0.021*
GOS	UI_RD	51.392	2	0.000*
UI_RD	OC	51.392	2	0.000*
OC	UI_RD	13.363	2	0.001*
UI_RD	ICT_G_E	2.7479	2	0.253
ICT_G_E	UI_RD	4.9064	2	0.086
Індонезія				
UI_RD	ICT_A	.70456	2	0.703
ICT_A	UI_RD	29.594	2	0.000*
UI_RD	GOS	19.473	2	0.000*
GOS	UI_RD	9.5577	2	0.008*
UI_RD	OC	5.2637	2	0.072
OC	UI_RD	8.9824	2	0.011*
UI_RD	ICT_G_E	7.1256	2	0.028*
ICT_G_E	UI_RD	35.048	2	0.000*
Корея				
UI_RD	ICT_A	28.654	2	0.000*
ICT_A	UI_RD	1.0109	2	0.603
UI_RD	GOS	1057	2	0.000*
GOS	UI_RD	357.96	2	0.000*
UI_RD	OC	8.4929	2	0.014*
OC	UI_RD	157.5	2	0.000*
UI_RD	ICT_G_E	6.4962	2	0.039*
ICT_G_E	UI_RD	35.502	2	0.000*
Данія				
UI_RD	ICT_A	48.239	2	0.000*
ICT_A	UI_RD	.30173	2	0.860
UI_RD	GOS	46.776	2	0.000*
GOS	UI_RD	.81789	2	0.664
UI_RD	OC	14.753	2	0.001*

Продовження додатку А

1	2	3	4	5
OC	UI_RD	.58687	2	0.746
UI_RD	ICT_G_E	5.279	2	0.071
ICT_G_E	UI_RD	12.104	2	0.002*
Німеччина				
UI_RD	ICT_A	6.5427	2	0.038*
ICT_A	UI_RD	11.047	2	0.004*
UI_RD	GOS	2.0644	2	0.356
GOS	UI_RD	1.7243	2	0.422
UI_RD	OC	2.7714	2	0.250
OC	UI_RD	2.4341	2	0.296
UI_RD	ICT_G_E	.85831	2	0.651
ICT_G_E	UI_RD	9.207	2	0.010*
Гонконг				
UI_RD	ICT_A	4.5502	2	0.103
ICT_A	UI_RD	104.76	2	0.000*
UI_RD	GOS	–	–	–
GOS	UI_RD	–	–	–
UI_RD	OC	17.799	2	0.000*
OC	UI_RD	.88917	2	0.641
UI_RD	ICT_G_E	6.4836	2	0.039*
ICT_G_E	UI_RD	.26085	2	0.878
Австрія				
UI_RD	ICT_A	6.4422	2	0.040*
ICT_A	UI_RD	2.5666	2	0.277
UI_RD	GOS	.76327	2	0.683
GOS	UI_RD	26.06	2	0.000*
UI_RD	OC	7.1771	2	0.028*
OC	UI_RD	7.069	2	0.029*
UI_RD	ICT_G_E	10.495	2	0.005*
ICT_G_E	UI_RD	167.85	2	0.000*
Люксембург				
UI_RD	ICT_A	3.5863	2	0.166
ICT_A	UI_RD	1.9479	2	0.378
UI_RD	GOS	4.6862	2	0.096
GOS	UI_RD	37.21	2	0.000*
UI_RD	OC	15.785	2	0.000*
OC	UI_RD	19.962	2	0.000*
UI_RD	ICT_G_E	1.2315	2	0.540
ICT_G_E	UI_RD	26.916	2	0.000*
Норвегія				
UI_RD	ICT_A	8.3546	2	0.015*
ICT_A	UI_RD	18.755	2	0.000*
UI_RD	GOS	1.1737	2	0.556
GOS	UI_RD	39.764	2	0.000*
UI_RD	OC	251.4	2	0.000*
OC	UI_RD	8.0682	2	0.018*

Продовження додатку А

1	2	3	4	5
UI_RD	ICT_G_E	80.133	2	0.000*
ICT_G_E	UI_RD	13.549	2	0.001*

Примітка: * встановлено причинність; – - дані не змінювалися протягом досліджуваного періоду або відсутні; UI_RD – оцінка співробітництва університетів і промисловості в НДДКР (в межах Глобального індексу інновацій); ICT_A – оцінка доступу до ІКТ (в межах Глобального індексу інновацій); GOS – оцінка державних онлайн-послуг (в межах Глобального індексу інновацій); ОС – оцінка онлайн-креативності (в межах Глобального індексу інновацій); ICT_G_E – частка експорту товарів ІКТ в загальному експорті (за даними Світового банку).

Джерело: розраховано авторкою.

Додаток Б

Функції втрат, отримані в результаті побудови нейронних мереж

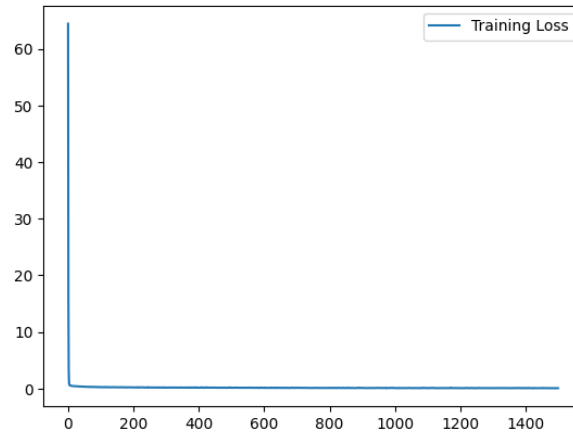


Рисунок Б.1 – Функція втрат, отримана в результаті навчання нейронної моделі для прогнозування ВВП країн блакитного кластеру

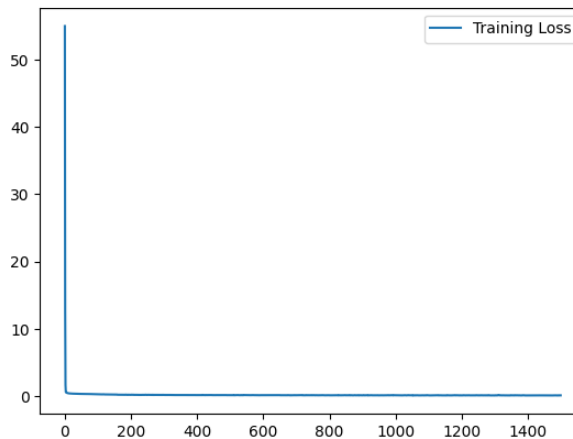


Рисунок Б.2 – Функція втрат, отримана в результаті навчання нейронної моделі для прогнозування ВВП країн червоного кластеру

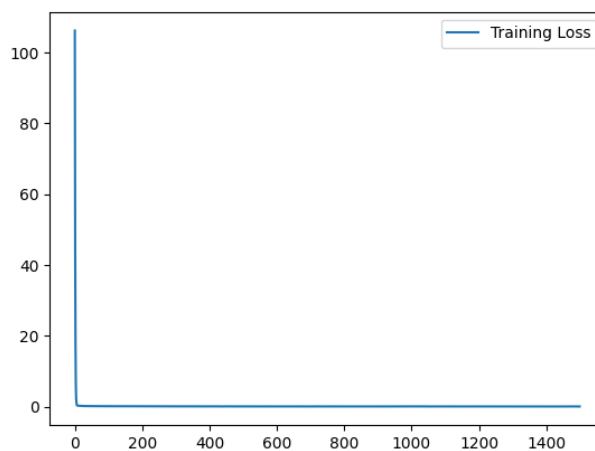


Рисунок Б.3 – Функція втрат, отримана в результаті навчання нейронної моделі для прогнозування ВВП країн жовтого кластеру

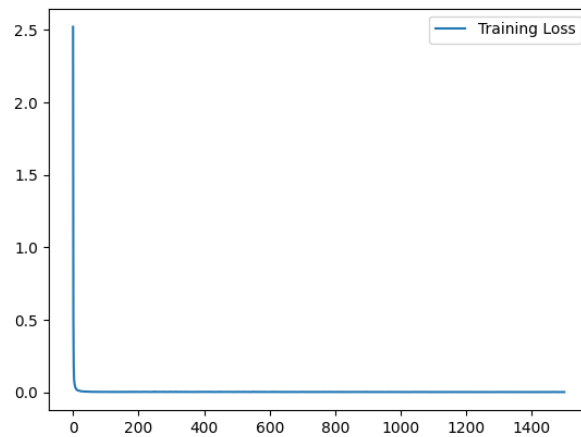


Рисунок Б.4 – Функція втрат, отримана в результаті навчання нейронної моделі для прогнозування очікуваної тривалості життя країн блакитного кластеру

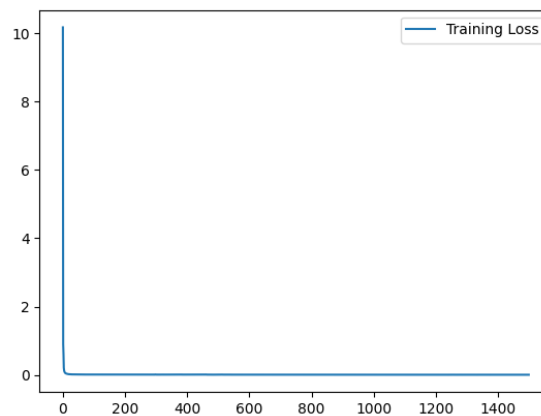


Рисунок Б.5 – Функція втрат, отримана в результаті навчання нейронної моделі для прогнозування очікуваної тривалості життя країн червоного кластеру

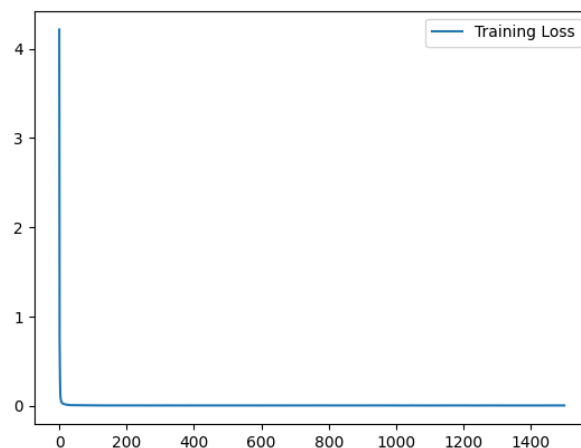


Рисунок Б.6 – Функція втрат, отримана в результаті навчання нейронної моделі для прогнозування очікуваної тривалості життя країн жовтого кластеру

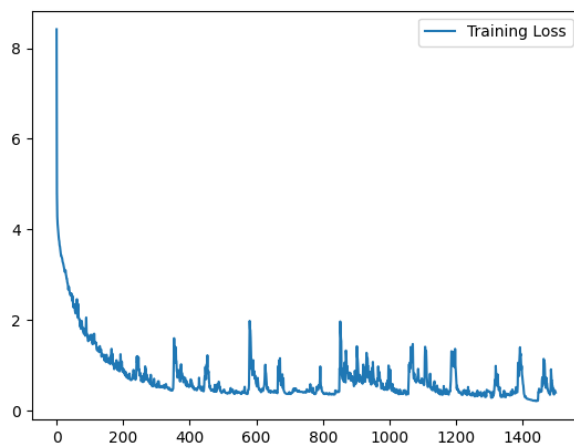


Рисунок Б.7 – Функція втрат, отримана в результаті навчання нейронної моделі для прогнозування кількості осіб, які користуються Інтернетом, в країнах блакитного кластеру

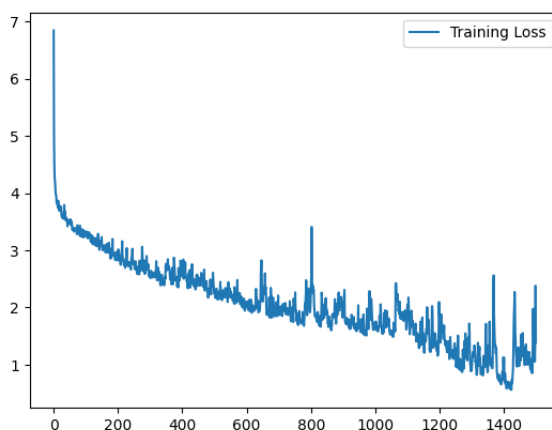


Рисунок Б.8 – Функція втрат, отримана в результаті навчання нейронної моделі для прогнозування кількості осіб, які користуються Інтернетом, в країнах червоного кластеру

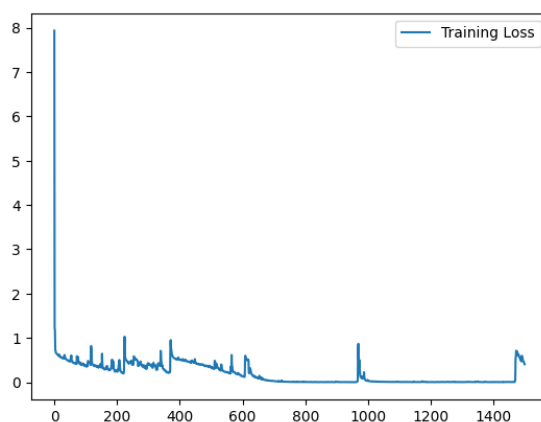


Рисунок Б.9 – Функція втрат, отримана в результаті навчання нейронної моделі для прогнозування кількості осіб, які користуються Інтернетом, в країнах жовтого кластеру